

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО**  
**ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ**  
**ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ**  
**МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

**МОНОГРАФІЯ**

**ПІД РЕДАКЦІЄЮ В. Т. СЕМЕНОВА**

**Харків – ХНУМГ – 2014**

УДК 528.85:725.31:004.2

ББК 38.45+38.9+85.11

I-57

**Колектив авторів:**

**Шипулін В. Д.**, професор кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна;

**Патракеев І. М.**, доцент кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна;

**Толстохатко В. А.**, професор кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна;

**Трипутіна Н. П.**, зав. сектором культурно-масової роботи бібліотеки;

**Древаль І. В.**, завідувач кафедри містобудування;

**Швець Л. М.**, асистент кафедри містобудування;

**Завальний О. В.**, доцент кафедри міського будівництва;

**Черноносова Т. О.**, старший викладач кафедри міського будівництва;

**Гордієнко С. М.**, старший викладач кафедри міського будівництва;

**Жидкова Т. В.**, доцент кафедри міського будівництва;

**Сосінатров А. М.**, старший викладач кафедри електротранспорту.

**Рецензенти:**

**Гук В. І.**, доктор технічних наук, професор кафедри урбаністики ХНУБА;

**Доля В. К.**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.

Рекомендовано до друку

Вченою радою Харківського національного університету

міського господарства імені О. М. Бекетова,

протокол № 5 від 27 грудня 2013р.

**Інформаційно-комунікаційні технології у формуванні міського середовища [Текст] : монографія / під редакцією В. Т. Семенова; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 213 с.**

ISBN 978-966-695-326-4

У монографії розглянуто ряд питань, пов'язаних з різними аспектами застосування геоінформаційних технологій як інструменту просторової організації територій, а також питань моделювання і прогнозування розвитку великих містобудівних комплексів на прикладі залізничних вокзалів. В даний час в умовах становлення нових соціально-економічних відносин архітектурно-містобудівне перетворення міста походить, найчастіше, невпорядковані, без усвідомлення значення наслідків забудови тієї чи іншої ділянки якими або функціональними об'єктами. Монографія розрахована на широке коло читачів, професійно цікавляться проблемами міського розвитку, а також студентів і аспірантів кафедр геоінформатики, економіки, управління міським будівництвом, системних досліджень та ін.

**УДК 528.85:725.31:004.2**

**ББК 38.45+38.9+85.11**

ISBN 978-966-695-326-4

© В. Т. Семенов і колектив авторів, 2014

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>Частина 1 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Використання ГІС-технологій для проведення діахронно-генетичного аналізу територій Харкова. <i>В. Д. Шипулін, Н. П. Тріпутіна, І. М. Патракеєв.....</i>	10
1.2 Удосконалення можливостей ГІС на базі застосування нечітких множин. <i>І. М. Патракеєв.....</i>	19
1.3 Використання ГІС просторових операторів для пошуку інвестиційно-привабливих територій <i>І. М. Патракеєв.....</i>	24
1.4 Геоінформаційне забезпечення просторово-планувальних рішень в умовах невизначеності. <i>І. М. Патракеєв.....</i>	32
1.5 Організація паркувань у великому місті на основі просторово-точного моделювання. <i>І. М. Патракеєв.....</i>	45
1.6 ГІС – реальний інструмент муніципального управління. <i>В. Д. Шипулін, І. М. Патракеєв.....</i>	53
1.7 Моделювання руху пішоходів в міських умовах <i>І. М. Патракеєв.....</i>	59
1.8 Оптимізація зон і мереж обслуговування доріг засобами ГІС-аналізу. <i>В. Д. Шипулін, І. М. Патракеєв.....</i>	63
1.9 Розподіл щільності автотранспортних засобів за результатами аерофотознімків. <i>В. Д. Шипулін, І. М. Патракеєв.....</i>	71
1.10 Тривимірний міський геоінформаційний простір. <i>В. Д. Шипулін, І. М. Патракеєв.....</i>	77
1.11 Картографування кіберпростору: візуалізація та аналіз віртуального світу. <i>І. М. Патракеєв.....</i>	82
1.12 Агентна модель руху транспортних засобів на перехресті. <i>І. М. Патракеєв, <u>В. А. Толстохатко</u>.....</i>	87
1.13 Моделювання дорожнього руху на перехресті за допомогою геоінформаційних технологій. <i>І. М. Патракеєв.....</i>	96

1.14 Розроблення нової методології, що ґрунтується на ГІС та нечіткій логіці для пошуку придатної території. <i>І. М. Патракеєв</i> .....	104
1.15 Створення мультимедійних атласів територій як напрям геоінформаційного картографування. <i>І. М. Патракеєв</i> .....	112
1.16 Моделювання розвитку агломерації на базі теорії однорідних структур. <i>І. М. Патракеєв, О. В. Завальний</i> .....	117
<b>Частина 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ...</b>	<b>125</b>
2.1 Принципи містобудівного розвитку залізничних вокзальних комплексів. <i>І. В. Древаль</i> .....	126
2.2 Архітектурно-містобудівні аспекти прогнозування розвитку залізничних вокзальних комплексів. <i>І. В. Древаль</i> .....	133
2.3 Залізничний вокзальний комплекс як «динамічна визитівка» сучасного міста. <i>І. В. Древаль</i> .....	139
2.4 Залізничні вокзальні комплекси в контексті сучасної концепції просторово-часового континууму. <i>І. В. Древаль</i> .....	148
2.5 Містобудівне моделювання залізничних вокзальних комплексів. <i>І. В. Древаль</i> .....	155
2.6 Архітектурно-містобудівні аспекти актуалізації питань формування залізничних вокзальних комплексів. <i>І. В. Древаль, Л. Н. Швець</i> .....	161
<b>Частина 3 ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ФОРМУВАННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>167</b>
3.1 Особливості застосування сучасних прийомів іновачій у містобудівній екології. <i>О. В. Завальний, Т. О. Черноносова</i> .....	168
3.2 Методи використання території головних площ міст на прикладі площі Свободи в місті Харкові. <i>Т. В. Жидкова</i> .....	179
3.3 Формування та розвиток рекреаційних зон на прикладі багатофункціональних зон. <i>О. В. Завальний</i> .....	188
3.4. Транспортна система і вулично-магістральна мережа міста Харкова. Перспективи розвитку. <i>С. М. Гордієнко, А. М. Сосипатров</i> .....	197
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>212</b>



## ПЕРЕДМОВА

Зміна політичних і економічних умов в Україні в 90-х роках минулого століття призвела до потреби в перегляді принципів організації управління соціально-економічними процесами. Істотна децентралізація планування й управління, перехід до ринкових економічних відносин зумовили зростання значущості ефективного управління функціонуванням і розвитком міського середовища. У зв'язку із зазначеним зросла вагомість як короткострокового, так і довгострокового (стратегічного) прогнозування, територіального планування розвитку міського середовища та поточного управління соціально-економічними процесами з метою реалізації цих стратегій підвищилася.

У пропонованій монографії аналізуються вимоги, що ставляться до сучасних інформаційно-комунікаційних технологій підтримки територіального управління, формування міського середовища, і розглядаються наявні та можливі рішення в цій галузі.

**У першій частині** монографії висвітлюються проблеми геопросторового моделювання просторової організації території на базі застосування геоінформаційних технологій. Аналізу та можливостям використання геоінформаційних технологій в управлінні територіальним розвитком приділяється особлива увага.

Використання геопросторового моделювання на базі застосування геоінформаційних технологій під час вирішення завдань прогнозування варіантів розвитку як усієї соціально-економічної системи регіону, так і її окремих підсистем, набуває виняткової актуальності оскільки проведення натурних експериментів над системою із зрозумілих причин є проблематичним. Зміна принципів та умов організації управління територіальним плануванням вимагає, зі свого боку, перегляду підходів до їхнього моделювання. Наявні методи й моделі спираються здебільшого на вже відсутні механізми управління та не дають змоги ефективно зважати на низку їх сучасних особливостей.

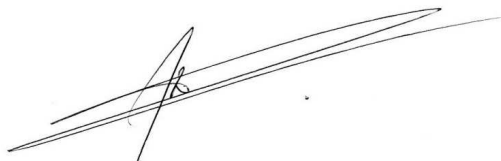
**Друга частина** присвячена питанням моделювання та прогнозування залізничних вокзальних комплексів, яким властиві еволюційні зміни функційно-просторової структури міського середовища внаслідок удосконалення технологічних процесів, змін і взаємодії з міським транспортом, запровадження додаткових функцій, а також потреби в гуманізації архітектурно-містобудівного середовища.

**У третій частині** розглядається використання сучасних технологій у формуванні міського середовища. Наразі особливо гостро відчувається брак (нестача) рекреаційних зон для нових видів активного відпочинку. З'явилася потреба створити новий тип парків, у якому б поєднувалися екстремальні розваги, спортивна діяльність і сімейний відпочинок. Із огляду на це дослідження перспектив розвитку спеціалізованих об'єктів ландшафтної архітектури, які є об'єктами громадського призначення, що виконують одну провідну функцію (наприклад виставкову, спортивну або меморіальну) і забезпечують можливість широкого вибору форм для населення є актуальним напрямом.

Монографія ґрунтується на результатах наукових досліджень, які виконувались колективами кафедр містобудівництва та міського господарства, а також проведені викладачами, які займаються розробленням проблем застосування геоінформаційних технологій для прогнозування стану урбанізованих територій із метою організації ефективного управління раціональним використанням земельних ресурсів та забезпеченням сталого розвитку навколишнього середовища і суспільства.

Проведення таких досліджень зумовлюється соціально-економічними перетвореннями в Україні, переходом від «вертикального» централізованого управління до системи управління муніципальними організаціями, що вимагають обов'язкового обліку й «горизонтальних» зв'язків підчас ухвалення управлінських рішень. Особливої гостроти набула проблема оцінювання наслідків прийнятих рішень. Розв'язування цієї проблеми потребує розроблення нових моделей на базі сучасних інформаційних, а також геопросторових технологій.

*У монографії використано матеріали кафедри містобудування (частина 2), кафедри міського будівництва (частина 3) та викладачів ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – В. Д. Шипуліна, І. М. Патракеєва (частина 1), які протягом тривалого часу працюють над запровадженням геоінформаційних технологій та геопросторовим моделюванням в управлінні територіальним розвитком як на муніципальному, так і на регіональному рівнях.*



*Професор В. Т. Семенов*

## ВСТУП

*Якість і обґрунтованість містобудівних рішень забезпечується комплексом проектно-планувальних робіт, методологією системно-структурного аналізу, повноцінне використання яких потребує сучасної інформаційної бази, у впорядковуванні понятійно-термінологічного апарату.*

*член-кореспондент АГ України,  
доктор архітектури, професор Н. М. Демін*

Сталий розвиток територій ґрунтується на оптимальному використанні й організації життєвого простору. Інструментом, що сприяє оптимальній організації території, є просторове планування. Просторове планування, до якого належать схеми територіального планування різних територій, Генеральні плани поселень – формалізоване подання фахівців відповідної галузі та проектувальників щодо оптимальної просторової організації території. Це подання базується на всебічній у науковому вивченні природного й соціального факторів: економіко-географічне розташування території (міста), природні, промислові, демографічні ресурси, агропромисловий і лісовий комплекси, екологічний стан.

Більшість проблем, сучасна родина стикається в повсякденному житті: забруднення джерел питної води, розміщення шкідливих виробництв у центрі міста й, отже, проживання більшої частини населення в санітарно-захисних зонах підприємств, розташування вибух- та інших небезпечних речовин поблизу селитебних зон, бездарне та хижацьке знищення рекреаційних зон, помилки в керуванні міською системою, затоплення величезних територій родючих земель тощо – є спадщиною, яка залишилася від неоптимальних із погляду сучасної науки і кон'юнктурних рішень.

Найважливіший етап розвитку територій (територіальне планування) уже не обходиться без геоінформаційних систем (ГІС), які дають змогу забезпечити постійну актуалізацію просторових даних, наукову обґрунтованість пропозицій і рішень, що ґрунтуються нагромадженні й унаочнені подаваним (наданих) даних, моделювання різних сценаріїв, використання створених у ГІС матеріалів для містобудівного та екологічного моніторингу.

Потреба в більш ефективному вирішенні завдань управління, планування, інвентаризації й експлуатації інженерних комунікацій призводить також до необхідності в геоінформаційних технологіях як у муніципальних організаціях, так і на великих підприємствах.

Сучасна тенденція до створення тривимірних моделей реальності повністю запроваджена й удосконалена за допомогою ГІС-технологій. У цьому разі ГІС виступає базою інформаційно-аналітичної системи, яка інтегрує різноформатні, переважно актуальні дані, потрібні для керування територіальним плануванням на локальному та регіональному рівнях.

У місті земля має розглядатися не лише як площа, але і як сукупність певного підземного простору та надземної території. Із огляду на це в місті більш високий ступінь техногенного й антропогенного впливу на всі категорії земель. Якщо землі міста подати як об'єкт управління, то кінцевою метою цілеспрямованого впливу на міські землі є збирання та постійна актуалізація інформації для прийняття обґрунтованих і оптимальних управлінських рішень.

ГІС дають змогу по-новому поглянути на проблеми територіального планування й управління територією, а також комплексно підійти до вирішення питань територіального планування. Окрім того, вони надають потрібний для цього математичний інструментарій.

Монографія має на меті познайомити спільноту з можливостями геоінформаційних технологій для ефективного вирішення питань управління, планування, інвентаризації та експлуатації інженерних комунікацій, муніципальних організацій і підприємств шляхом упровадження геоінформаційних систем і технологій.

## **ЧАСТИНА 1**

# **ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ**

*Робота з ГІС – це задоволення, оскільки вона є  
інтеграцією різних дисциплін: геометрії й математики, фізики й  
дистанційного зондування, інформаційного моделювання  
та просторових баз даних.*

*Директор із розроблення програмного забезпечення  
Інституту Досліджень природних систем  
(Environmental Systems Research Institute, Inc.),  
Редландс, Каліфорнія.*

*Скот Морехаус*

## **1.1 Використання ГІС-технологій для проведення діахронно-генетичного аналізу територій м. Харкова**

Михайло Ломоносов свого часу влучно зауважив: «У по-перше, твердо пам'ятати потрібно, що видимі тілесні речі на землі й увесь світ не в такому стані були від початку створення, як наразі бачимо, однак значні в ньому відбувалися зміни, що засвідчують історія й давня географія, співвіднесена з сучасністю».

Як бачимо, ця сенбенція дає змогу дійти одного важливого висновку: вивчати властивості географічних об'єктів потрібно в динаміці, а не статично, оскільки вони мають як певні доступні для визначення просторові координати, так і часові, що постійно змінюються під впливом природних та антропогенних чинників. Якщо світ, у якому ми живемо, як вважає А. Ейнштейн, є чотиривимірним просторово-часовим континуумом, дослідник місцевостей має завжди зважати на фактор часу.

Особливого значення «біографія» досліджуваної місцевості набуває тоді, коли увага зосереджується на півтора-мільйонному місті з 350-річною історією. Ідеться, передусім, про те, що вибір місця заснування такого поселення, його подальший розквіт чи занепад залежать від особливостей цієї території, політичних, економічних та інших умов, а також від ставлення людини до її місця проживання. Зважаючи на те, що в цих відносинах розгортаються не лише в минулому, а й у майбутньому, під час складання діахронно-генетичної характеристики міської території дослідники мають змогу не тільки докладніше розглянути історію розвитку та вивчити сучасний стан демоекосистеми, а й зазирнути в майбутнє цієї складної структури.

Завдання вченого ускладнюється тим, що антропогенні впливи на довкілля в історії міста мають багатоступеневий характер, а їхні наслідки, нашаровуючись один на один, дедалі більше надають міському середовищу рис штучної, рукотворної геосистеми.

Із огляду на вищезазначене, очевидно, що варто зважати на обсяг, характер і результати попередніх антропогенних впливів на міську територію під час планування її масштабної реконструкції. Розв'язання цієї проблеми потребує провадження таких складних досліджень, базованих на просторово-часовій інформації, які за допомогою традиційних методів реалізувати не можливо. Засобом, що дає змогу всебічно описати складні процеси формування міста, подавши останні у вигляді зрозумілих людям абстракцій,

розповісти про них лаконічно та зрозуміло на прикладі географічних карт, є технологія географічних інформаційних систем (ГІС). ГІС-технології виникли наприкінці 60-х рр. ХХ ст., вибухоподібно поширилися у світі та знайшли палких прихильників у багатьох сферах людської діяльності. Вони уможливають накопичення знань, співвіднесення з певними місцями, в сучасній цифровій формі, наочне відображення їх у вигляді динамічних електронних карт, швидке інтегрування інформації про ці місця та розповсюдження її в режимі реального часу.

Технологія ГІС від початку ґрунтується на принципі інтеграції. Оскільки кожний об'єкт, процес, явище, подія мають, як уже йшлося, власну географічну «прив'язку», саме просторові відношення дають змогу побудувати загальну характеристику реальності, упорядкувати наявні дані, привести їх до зручного для усвідомлення й аналізу вигляду. Завдяки універсальній природі та інтегральній спрямованості, просторово прив'язана інформація виступає ключовим елементом прийняття рішень.

Однією з властивостей повсюдної природи географічної (просторово прив'язаної) інформації є те, що інформація, попри застосування для вирішення безлічі завдань, вона так само, як і методи її узагальнення й аналізу, залишається незмінною. Ідеться про те, що за допомогою однієї бази даних і певних програм можна вирішувати різногалузеві й різноспрямовані завдання. Інформаційна «всеїдність» ГІС-технологій дає змогу ввести в науковий обіг масиви історичних даних, які підпадають під географічну інтерпретацію. До сьогодні цю джерельну базу значною мірою не можливо було «прочитати» й використати за відсутності відповідних засобів і методів роботи з нею. З-поміж таких джерел можемо назвати численні, створювані протягом століть карти міських територій і текстові документи, які для повного осмислення потребують географічної прив'язки. ГІС притаманні унікальні якості, які можна назвати перехресним баченням: мова йде про можливість комплексно взяти до уваги культурний, фізичний, екологічний, соціально-економічний та інженерно-технічний ландшафти. Застосування цих систем дає також змогу органічно поєднати дослідження сучасного «зрізу» цих ландшафтів і їхнім ретроспективним і геоморфологічним на базі новітніх інформаційних джерел, зокрема аерокосмічними спостереженнями.

Такий комплексний аналіз дає змогу уникнути багатьох прорахунків під час створення будь-яких ф'ючерсних проєктів, прийняти більш обґрунтовані й ефективні рішення. Із цього погляду ідеться вже не про винятково академічне,

а і прикладне, утилітарне значення. Дослідження, проведені із застосуванням ГІС-технологій, мають високий ступінь об'єктивності, доказовості, надають унікальні можливості візуалізувати простір і моделювати процеси, що відбувалися в ньому в задані періоди. Достовірність їхніх результатів уможливорює подальші дослідницькі роботи.

Актуальність застосування ГІС-технологій у діяхронному дослідженні міських територій пов'язана з можливістю швидкого створення географічних файлів і наборів баз даних, що дає змогу задовольнити будь-які запити користувача щодо візуалізації та пізнання історичного минулого.

Проектування та створення ретроспективного ГІС-проекту є досить складним завданням. Реалізації такого проекту потребує високопродуктивного комп'ютера з якісним монітором, дигітайзера, тобто устрій для введення картографічної інформації, високоякісних засобів виведення проекту до друку. Час, однак, усвідомити, що комп'ютерне картографування — це не данина коштовній моді, а «засіб пересування» в бік сучасних інноваційних технологій, досконалий засіб наукового пізнання.

Успішна реалізація робіт зі створення ГІС-проекту ретроспрямування потребує вирішення низки взаємопов'язаних завдань:

- визначити мету та завдання дослідження в галузі історичного картографування, сформулювати дослідницьку гіпотезу (гіпотези);
- з'ясувати джерела та порядок отримання вихідних даних (картографічних і зображувальних, текстових, структурованих, статистичних);
- установити порядок формування баз картографічних і семантичних даних та забезпечити їхнє наповнення;
- обрати методи аналізу, що відповідають як характеру поставленого завдання, так і типу даних, й адекватне програмне забезпечення;
- обробити наявні дані (цей процес, зі свого боку, може складатися з кількох етапів) за допомогою або стандартного (комерційного), або спеціалізованого програмного забезпечення, орієнтованого на специфіку конкретного завдання або джерела;
- інтерпретувати результати дослідження, підтвердити або спростувати висунені гіпотези.

Як програмне забезпечення ГІС для створення й розроблення історичних проектів із залученням ГІС-технологій пропонуємо використовувати програмний продукт компанії ESRI: ArcView 3.x. Протягом багатьох років ця



компанія залишається лідером у створенні новацій у ГІС-технологіях і має значні досягнення в галузі програмного забезпечення.

Програмний продукт ArcView 3.x. призначений для непідготовленого користувача. Особливості цієї програми полягають у здатності масштабувати архітектуру програмного продукту. Ідеться про можливість додавання зовнішніх модулів, що значно розширює ефективність ArcView 3.x. ArcView 3.x. є собою простим та ефективним засобом доступу, візуалізації й аналізу даних (зокрема історичних) і поширюється безкоштовно.

Програмний продукт ArcView 3.x. спирається на нові досягнення комп'ютерної індустрії, працює на найсучасніших апаратних платформах і в середовищі найсучасніших версій операційних систем. Крім того, архітектура ArcView 3.x. дає змогу використовувати переваги роботи в локальній мережі із залученням технології клієнт-сервер, що уможливорює оброблення значних обсягів картографічної інформації. Одним із ГІС-проектів, розроблюваним наразі у ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, є діахронно-генетичне дослідження території м. Харкова. На сьогодні виконане первинне оброблення близько 30 топографічних карт міста, які відображають його становлення та розвиток починаючи з 1722 року. Загальний обсяг історичних картографічних даних складає понад 650 МБ.

У статті розглядаються перші результати роботи. Чотири карти історичного розвитку м. Харкова подано в інформаційно-презентаційній монографії «Харків: історія, досягнення, перспективи розвитку», яка вийшла друком до 350-річчя нашого міста. Результати вивчення динаміки розвитку озеленення м. Харкова, наведені в картографічному вигляді, унаочнюють доповідь студентки А. Шмельової на Каразінських читаннях 2004 року у ХНУ ім. В. Н. Каразіна.

Проаналізуємо можливості програми ArcView 3.x., завдяки яким вона є ефективним інструментом проведення діахронних досліджень:

- потужна та гнучка модель даних;
- управління табличними та картографічними даними;
- векторна топологія (точка, лінія, полігон) та растрові моделі даних;
- інтеграція багатьох середовищ (наприклад растрових і векторних зображень);
- можливості обміну даними в понад 30 стандартних форматах;
- автоматичне картографування, складання звітів і аналіз;

- можливість створення тематичних карт, запитів і аналіз;
- можливість управління бібліотекою топографічних карт;
- комплексний просторовий історичний аналіз територій.

Важко не погодитися з думкою голови Київського міськвиконкому 1961—1972 рр. В. Гусевим про те, що місто – це купа, велетенське господарство, доцільність управління яким потребує знання міста вздовж і впоперек, зокрема вивчення його історії, як автобіографії».

Надбання геоінформаційних технологій стануть у пригоді всім тим, хто має на меті підвищення добробуту й розвитку міста завдяки знанням його історії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Владимиров В. Н. Историческая геоинформатика // Информационный бюллетень ассоциации «История и компьютер». — №32. — Москва — Томск: изд-во Том. Ун-та, 2004. — С. 118—119.

# Поліцейські частини та передмістя м. Харкова в 1912 році

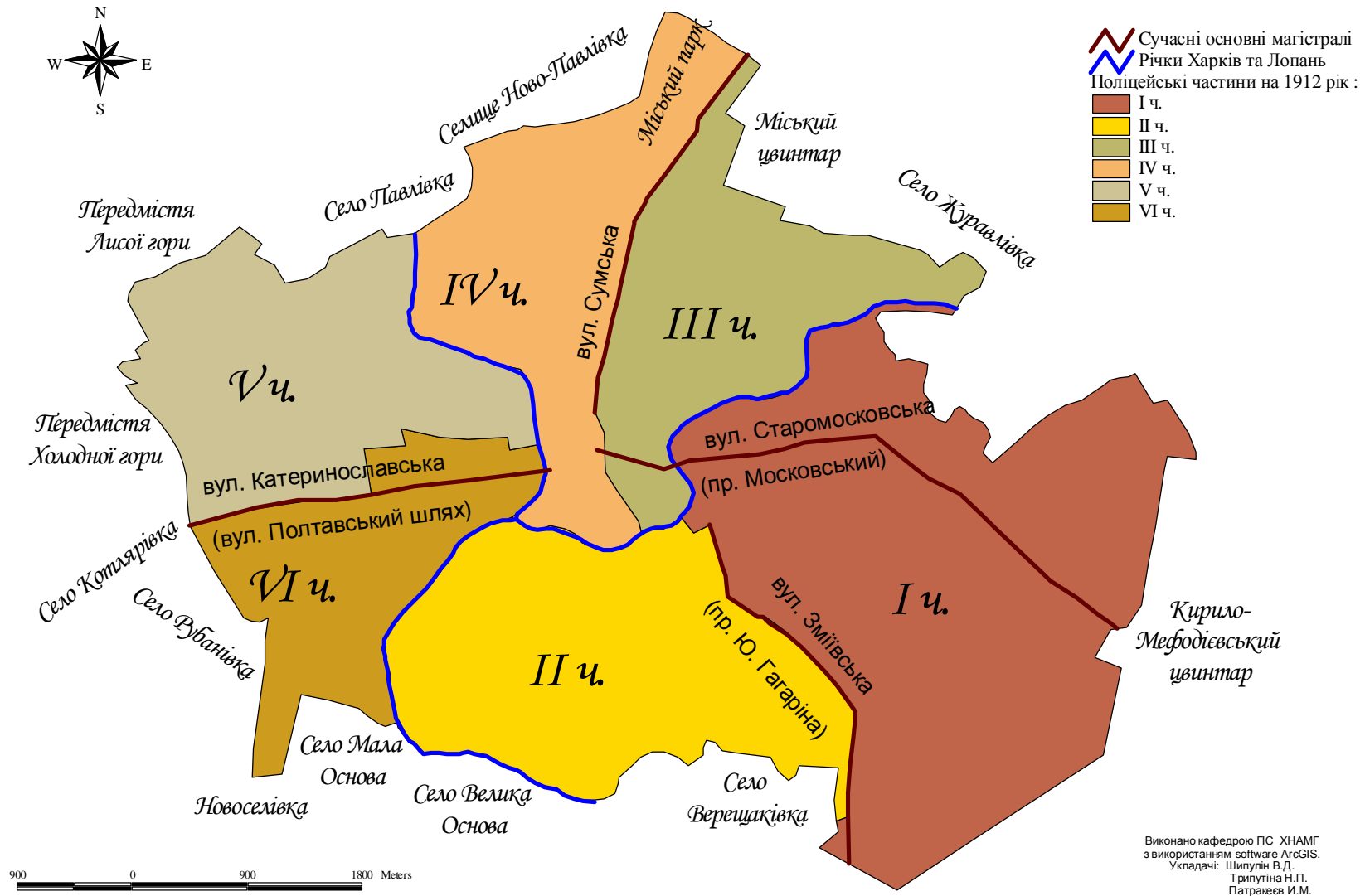


Рис. 1.1 – Поліцейські частини та передмістя в 1912 році

# Адміністративно - територіальне розмежування Харкова



Виконано кафедрою ГІС  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
з використанням  
software ArcGIS.  
Укладачі: Шипулін В. Д.  
Трипутіна Н. П.  
Патракеев І. М.

Рис. 1.2 — Адміністративно-територіальне розмежування м. Харкова

## Природно - історичні райони Харкова

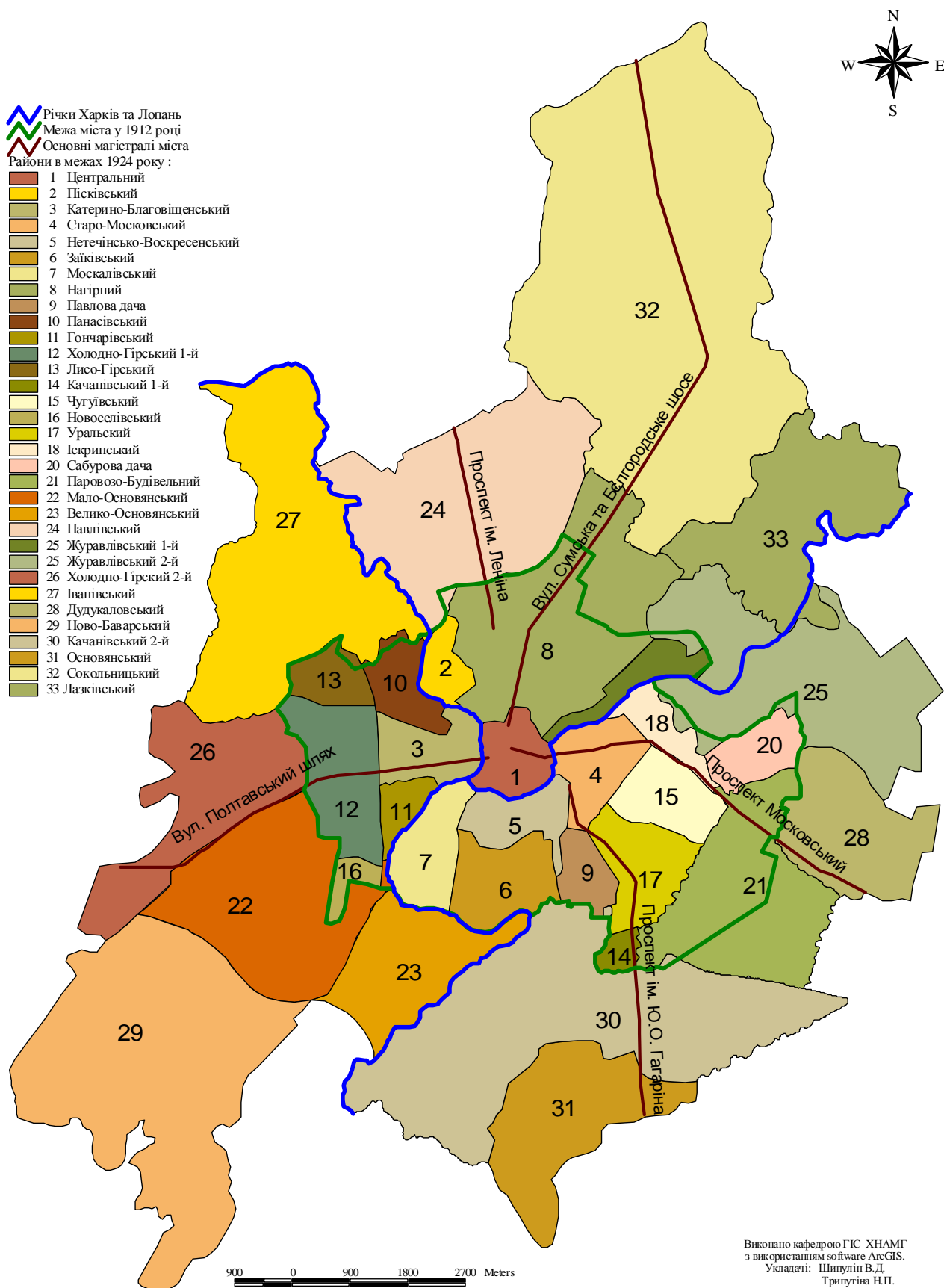


Рис. 1.3 — Природно-історичні райони м. Харкова

## Розвиток міста Харків у XX столітті

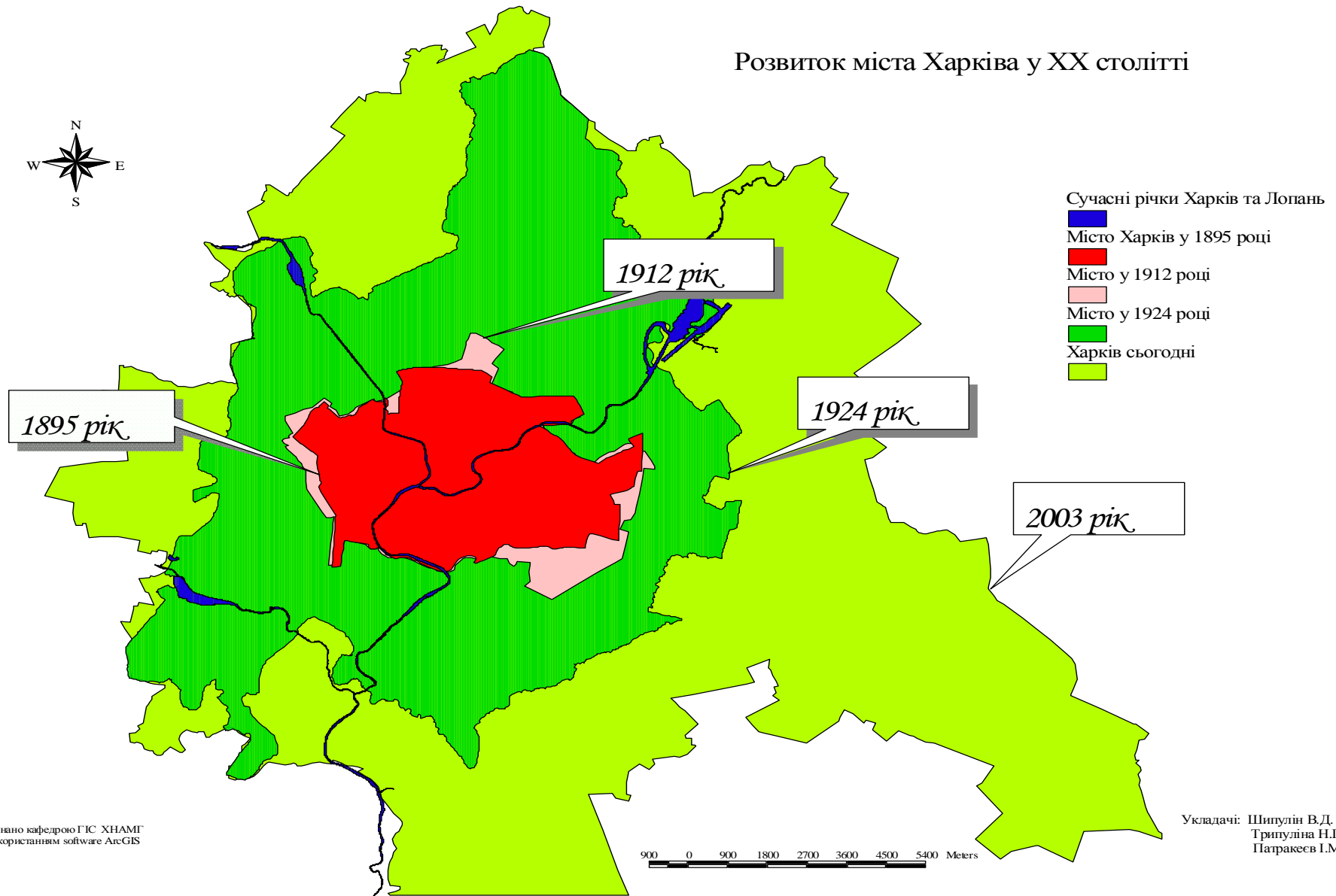


Рис. 1.4 – Розвиток м. Харкова у XX столітті

## **1.2 Удосконалення можливостей ГІС на базі застосування нечітких множин**

Просторові дані, які обробляються в геоінформаційних системах (ГІС), є відображенням об'єктів і зв'язків реального світу. Узагальнення й агрегування об'єктів реального світу завжди спричиняє неоднозначного подання об'єктів і зв'язків у ГІС.

У зв'язку з тим, що широко застосовуване програмне забезпечення ГІС ґрунтується на класичній теорії множин, моделювання невизначеності реального світу, його різноманіття неможливо виконати з достатньою точністю.

Сьогодні багато уваги приділяється застосуванню нечітких множин для вирішення аналітичних завдань у ГІС. Зростаючі інформаційні потоки в сучасному суспільстві, велика кількість різних інформаційних технологій, підвищення складності розв'язуваних просторових завдань збільшують навантаження на особу, яка приймає рішення (ОПР), і потребують перенесення проблеми вибору та прийняття рішень із людини на сучасні інформаційні технології. Одним із шляхів вирішення цього завдання є застосування аналітичних систем, які можуть бути складовою частиною ГІС [1, 2, 3]. Просторові системи, що ґрунтуються на нечітких множинах, зокрема й ГІС, дають змогу ОПР:

- поєднувати знання про конкретну сферу й досвід експертів у вигляді лінгвістичних змінних, що використовуються на етапі просторового аналізу;
- управляти невизначеністю в системах підтримки прийняття рішень;
- формалізувати нечітко сформульовані проблеми в завданнях щодо прийняття рішень.

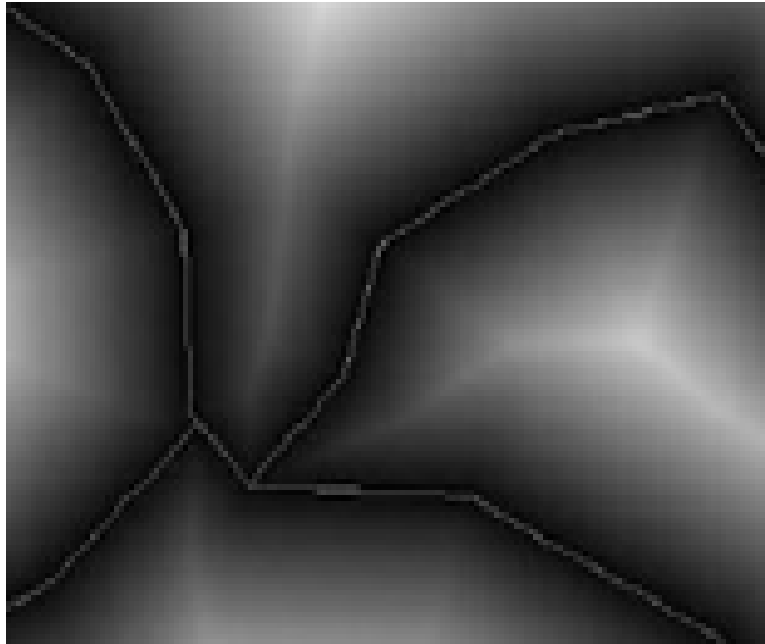
Маємо на меті висвітлити можливість удосконалення технології моделювання невизначеності реального світу на базі застосування головних положень нечіткої логіки. Одним із важливих завдань, розв'язуваних за допомогою ГІС, є забезпечення прийняття рішень шляхом використання інформації з різних тематичних шарів. Зазвичайно на процес ухвалення рішення впливають різні фактори, а саме ухвалення рішення є багатокритерійним завданням.

Розглянемо завдання розташування гіпотетичного промислового підприємства в міських межах. Критерій розміщення підприємства можна сформулювати у вигляді лінгвістичної змінної: «Якщо місце розташування рівнинне або має незначний ухил і розміщене поблизу дороги й неподалік від міської мережі, то така територія придатна для розміщення промислового підприємства».

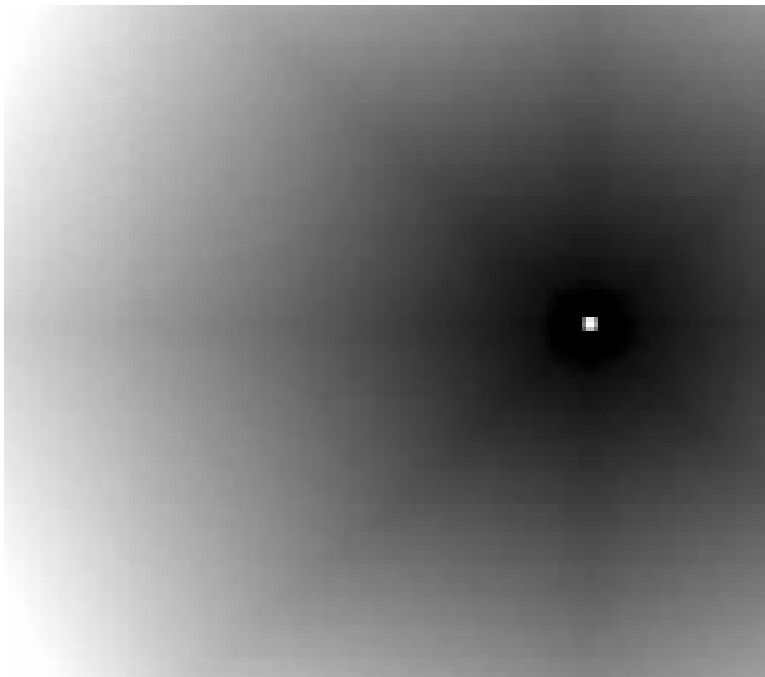
Ухвалення рішення, що ґрунтується на нечіткому формулюванні, потребує від людини небагато часу. Одержати відповідь на таке нечітке питання, однак,

за допомогою ГІС неможливо. У термінах логічних змінних запит на розташування підприємства в межі міста можна сформулювати достатньо точно: територія придатна, якщо ухил менш ніж 20 %, віддаленість від доріг менш ніж 1000 м і віддаленість від міської межі менш ніж 5000 м.

На рис. 2.1 (а, b) растри відносин близькості до доріг і до міста. Усі вихідні дані отримані за допомогою ГІС.



a)



b)

Рис. 2.1 — а) растр відношення близькості до шляхів; б) відношення близькості до міста

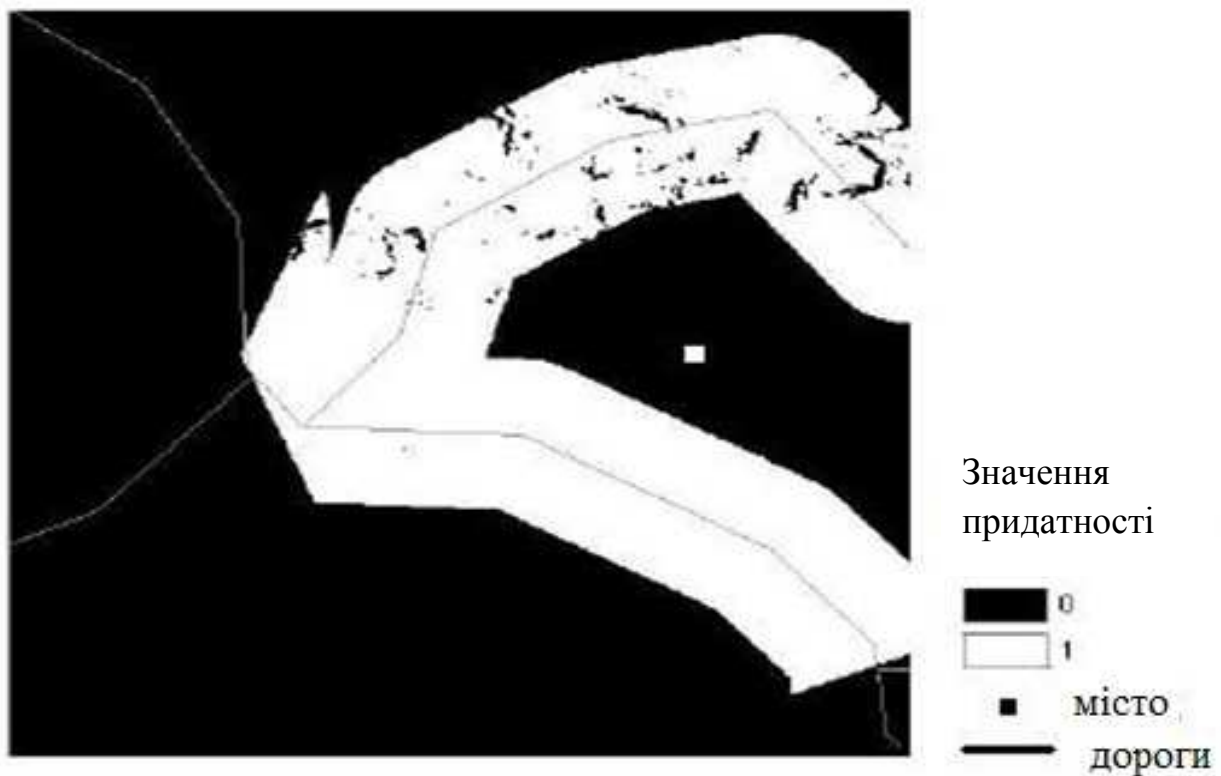


Одержання відповіді на запит про розташування гіпотетичного промислового підприємства потребує виконання оверлейних операцій із логічним оператором AND над трьома вихідними растрами. Результат виконання запиту наведений на рис. 2.2, а.

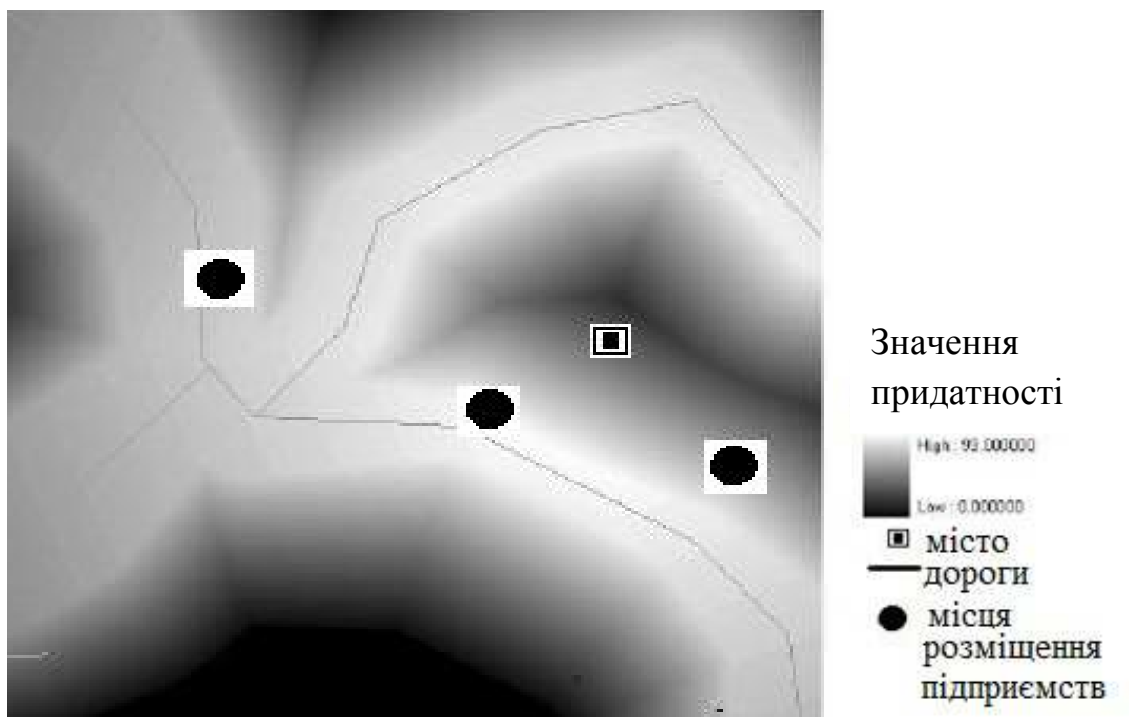
За допомогою нечітких множин запит для пошуку придатної території можна сформулювати в такому вигляді: якщо ухил незначний або помірний, а відстань поблизу дороги чи неподалік міської мережі, то територія зручна для розміщення промислового підприємства.

Із метою вирішення цього запиту з нечіткими логічними змінними побудовані відповідні функції належності для кожного критерію, які беруть участь у нечітко сформульованому запиті (рис. 2.3, а, b, c, d).

Результат виконання запиту, побудованого з використанням нечітких множин відбитий на рис. 2.2, b. Особа (ОПР), яка приймає рішення, не має можливості вибрати гірший або кращий варіант розташування підприємства, тому що результат логічного аналізу набуває значення 1 або 0, що свідчить про придатність чи непридатність місця розташування.

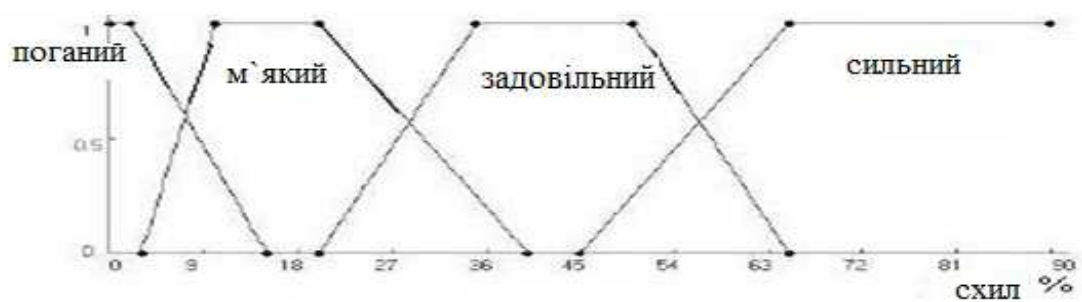


а)

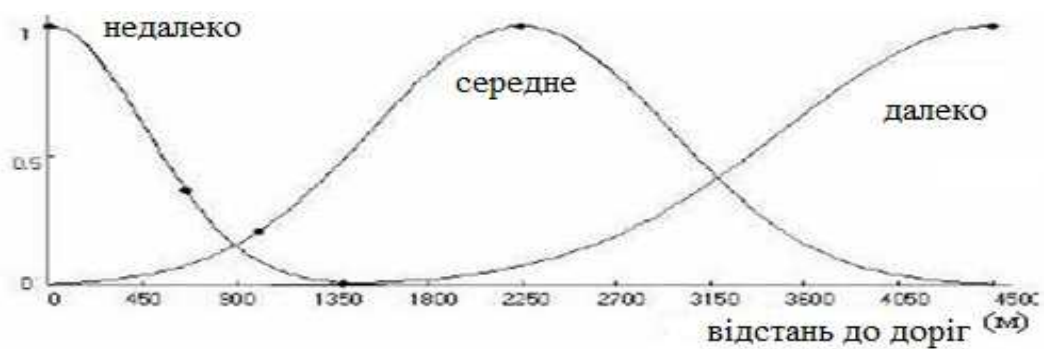


b)

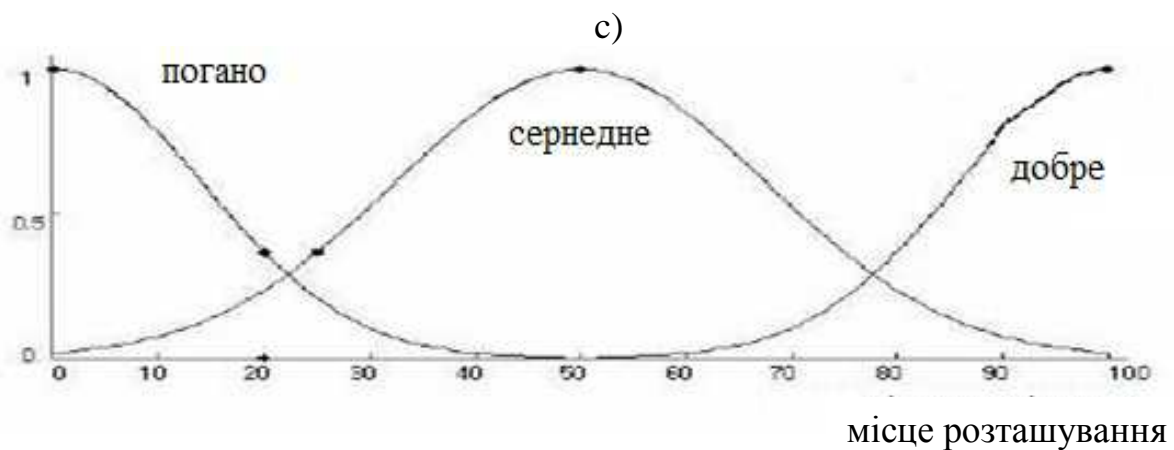
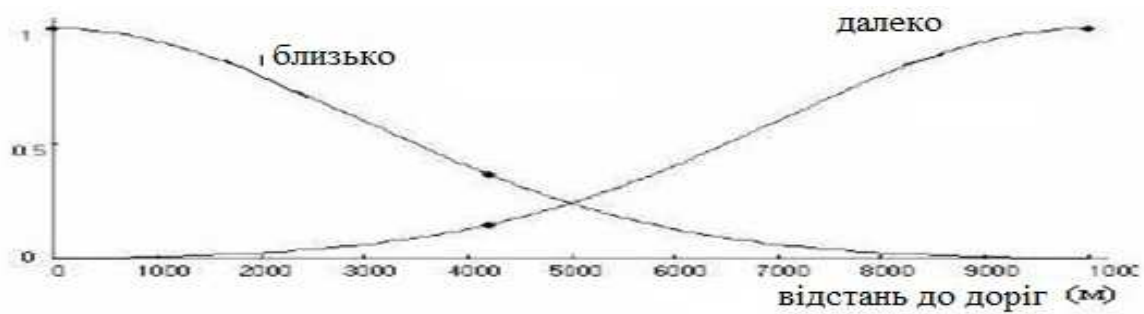
Рис. 2.2 — а) результат логічного аналізу для пошуку місця розташування підприємства; б) той же результат із застосуванням нечітких множин



a)



b)



d)

Рис. 2.3 — Функції належності:  
а) м'якого ухилу; б) поблизу доріг;  
с) поблизу міста; д) місце розташування підприємства

Запити, побудовані на базі нечітких множин, надають ОПР інформацію високої точності, тому що кожне місце розташування підприємства має ступінь придатності (таблиця 1.1). Таблиця містить результати, що характеризують придатність території для розташування підприємства. Варто зазначити, що А, В, С відбивають розміщення, придатні з погляду логічного аналізу. Результат, що ґрунтується на нечітких множинах, надає ОПР докладнішу інформацію для ухвалення рішення. Таким чином, територія, що краще задовольняє вимозі (2), відповідає місцю розташування 3 (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Дані, що відбивають ступінь придатності території для розташування підприємства

Місце розташування	Ухил (%)	Відстань до доріг (м)	Відстань до міста (м)	Результат, що ґрунтується на логічних обчисленнях	Результат, що ґрунтується на нечітких обчисленнях
А	3.0	300	4953.1	1	77
В	1.4	995.7	2352.4	0	70
С	1.1	50	2197.3	1	90

Пропонований підхід, що відбиває нечітку логіку у формуванні й обробленні запитів у середовищі ГІС ArcGIS 9.2, реалізується у вигляді програмного модуля. Використання нечіткої логіки під час оброблення просторової інформації, дає змогу уникати втрат інформації, можливих у разі оброблення даних за допомогою звичайних методів класифікації.

Отже, класична теорія множин, що використовується у програмних продуктах ГІС, фіксує задану точність для інформації, яка по суті є невизначеною. Нечітка логіка дає змогу визначити шляхи подання невизначеності реального світу. ГІС побудовані на нечіткій логіці, уможливають ОПР прийняття рішень, що ґрунтуються на знаннях і досвіді експертів у певній галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. F. Wang G. B. Hall, Fuzzy representation of geographical boundaries in gis, Int. Journal of GIS 10 5 1996. – 573–590.
2. Yanar T. A. The enhancement of the cell-based gis analyses with fuzzy processing capabilities, Msc. thesis, Middle East Technical University 2003.

### **1.3 Використання ГІС просторових операторів для пошуку інвестиційно-привабливих територій**

Під час розвитку міста важко однозначно встановити єдину мету, але навіть якби це вдалося, то вона виявилася б занадто декларативною. Із цієї причини зазвичай формулюються приватні цілі й критерії. Так, задоволення потреб містян у комфортних умовах проживання та роботи вимагає збільшення житлової площі, площ озеленення, віддалення житлових кварталів від промислових об'єктів, що, зі свого боку, спричиняє збільшення території міста.

Поліпшення побутових умов призводить до розширення міста, що спричиняє збільшення відстаней, отже, погіршення умов проживання в місті через більшу витрату часу на пересування в межах міської території.

Цей перелік можна продовжувати й дійти такого висновку: суперечливість різних аспектів розвитку міста не дає змогу використовувати винятково формальні способи для прогнозування процесу розвитку міської території.

Під інвестиційним потенціалом міської території розуміють сукупність факторів, що визначають рівень ризиків, які виникають під час реалізації

інвестиційних проектів на певній території, а також визначальну можливість окупності цих проектів і одержання прибутку.

Інакше кажучи, під інвестиційний потенціал привабливість території для інвестора або достатність умов для реалізації програм і планів інвестора. Усю сукупність факторів, що визначають інвестиційний потенціал території, поділяють на дві групи: постійні (незмінні) та змінні чинники.

До незмінних факторів належать такі:

- географічне положення території (зручність розташування території, можливість доступу до інженерної інфраструктури, транспортних шляхів);
- наявність природно-ресурсного потенціалу території.

До змінних належать чинники, пов'язані з соціальною, політичною, економічною ситуацією, що не є об'єктом нашого вивчення.

Розглянемо побудову концептуальної моделі для віднайдення інвестиційно привабливих територій докладніше на прикладі пошуку придатної для житлового будівництва ділянки міської території.

Для побудови концептуальної моделі потрібно виконати кілька кроків.

Крок 1: формулювання завдання.

Вирішення просторового завдання вимагає визначення завдання й типу карти придатності території, яку потрібно одержати.

Завдання передбачає отримання карти придатності земельних ділянок (із ранжуванням від кращої до гіршої), які можна обрати під нову житлову забудову. Ідеться про карту ранжованої придатності, яка показує набір відносних значень, що вказують на карті на ступінь придатності кожної ділянки на підставі обраного критерію.

Крок 2: розподіл завдання на логічні частини.

Після формулювання завдання потрібно обрати більш дрібні підзавдання, що дасть змогу визначити, які кроки варто виконати для вирішення кожного з підзавдань. На рівні кожного підзавдання потрібно визначити критерії побудови карт придатності. Так, для житлового будівництва бажано обирати земельні ділянки поблизу зон відпочинку, віддалені від промислової забудови. Житлове будівництво має виконуватися на рівній ділянці з придатним видом землекористування. На рис. 3.1 наведений розподіл завдань із пошуку інвестиційно-привабливої ділянки на логічні підзавдання.

Кожне логічне підзавдання дає змогу одержати відповідь на такі питання:

1. Де розташовані достатньо рівні земельні ділянки?
2. Чи придатним є вид землекористування?
3. На скільки достатньо близько до зон відпочинку

розташовані земельні ділянки? 4. Чи достатньо земельні ділянки відмежовані від промислових зон? Логічні під завдання уможливають визначення наборів вихідних даних для вирішення завдання пошуку інвестиційно-привабливої земельної ділянки. Так, щоб розташувати житлову забудову подалі від промислових зон, потрібен набір даних відстаней до промислових зон. До моделі процесу буде належати розрахунок відстаней до промислових зон.

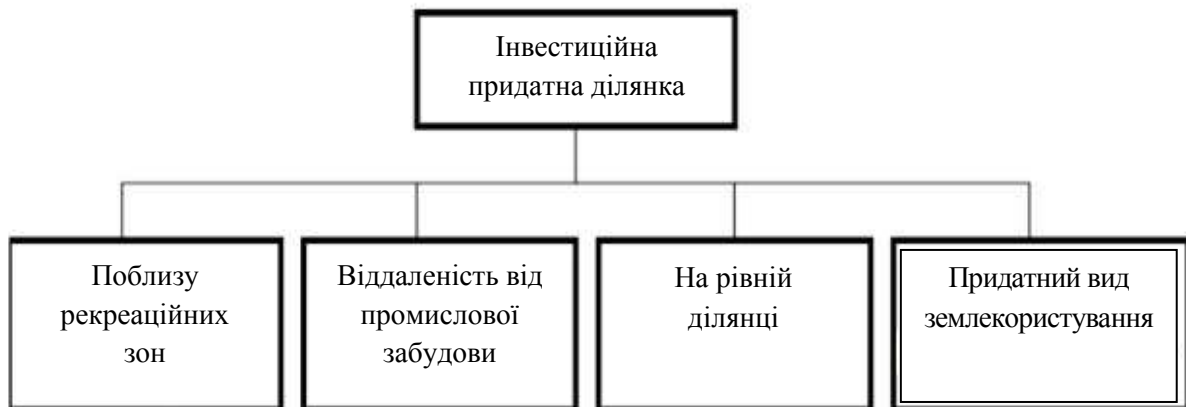


Рис. 3.1 – Розподіл завдання пошуку інвестиційно-привабливої ділянки на логічні підзавдання

Щоб визначити земельні ділянки на рівній місцевості, потрібно знайти положисті ділянки. Для вирішення цього логічного підзавдання вихідними є дані про висоти, що дають змогу побудувати карту ухилу земної поверхні. До моделі процесу належатиме обчислення ухилу.

Модель процесу пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок для житлового будівництва наведена на на рис. 3.2.

Після побудови концептуальної моделі пошуку придатної земельної ділянки та визначення логічних підзавдань розглянемо застосування ГІС- просторових операторів для вирішення завдання пошуку інвестиційно-придатних земельних ділянок, що підходять для житлового будівництва. Карта придатності земельних ділянок створюється за допомогою низки кроків (рис. 3.3).

На першому кроці потрібно визначити, які набори даних варто використовувати для вирішення сформульованого завдання. Вихідними даними в цьому разі є землекористування, висоти, зони рекреації, промислові підприємства (рис. 3.4).

На другому кроці потрібно одержати нову інформацію з вихідних даних. За допомогою просторових операторів ГІС отримується інформація про ухили рельєфу місцевості та відстаней від рекреаційних зон і до найближчих промислових підприємств.

На третьому кроці вирішується завдання перекласифікації отриманої із загальної шкали інформації (від 1–10), де більш високі значення відповідають більш придатнішим характеристикам.

На четвертому кроці потрібно задати вагу наборам даних, які більш важливі для моделі придатності земельної ділянки, й об'єднати набори даних, щоб знайти придатні ділянки для житлової забудови.

Були використані такі вихідні набори даних: землекористування, висоти, промислові підприємства, рекреаційні зони. Унаслідок була отримана низка нових даних: ухил рельєфу місцевості, відстань до рекреаційних зон, відстань до промислових підприємств. Результат побудови шкал придатності для відповідних наборів даних наведений на рис. 3.4 а, в, г, д.

Схема процесу пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок із застосуванням ГІС-просторових операторів для пошуку земельних ділянок для житлового будівництва подана на рис. 3.5.

Набір даних вихідного растра показує, які земельні ділянки більш придатні для ухвалення рішення про житлову забудову відповідно до критерію, встановленого для моделі придатності. Придатні земельні ділянки розташовуються поблизу рекреаційних зон, далеко від наявних промислових підприємств, на відносно пологіх земельних ділянках із підходящим типом землекористування. Відстані до промислових підприємств і до рекреаційних зон, яким була привласнена більш висока вага, найбільше вплинули на рішення щодо того, які осередки растра одержать значення більшої придатності.

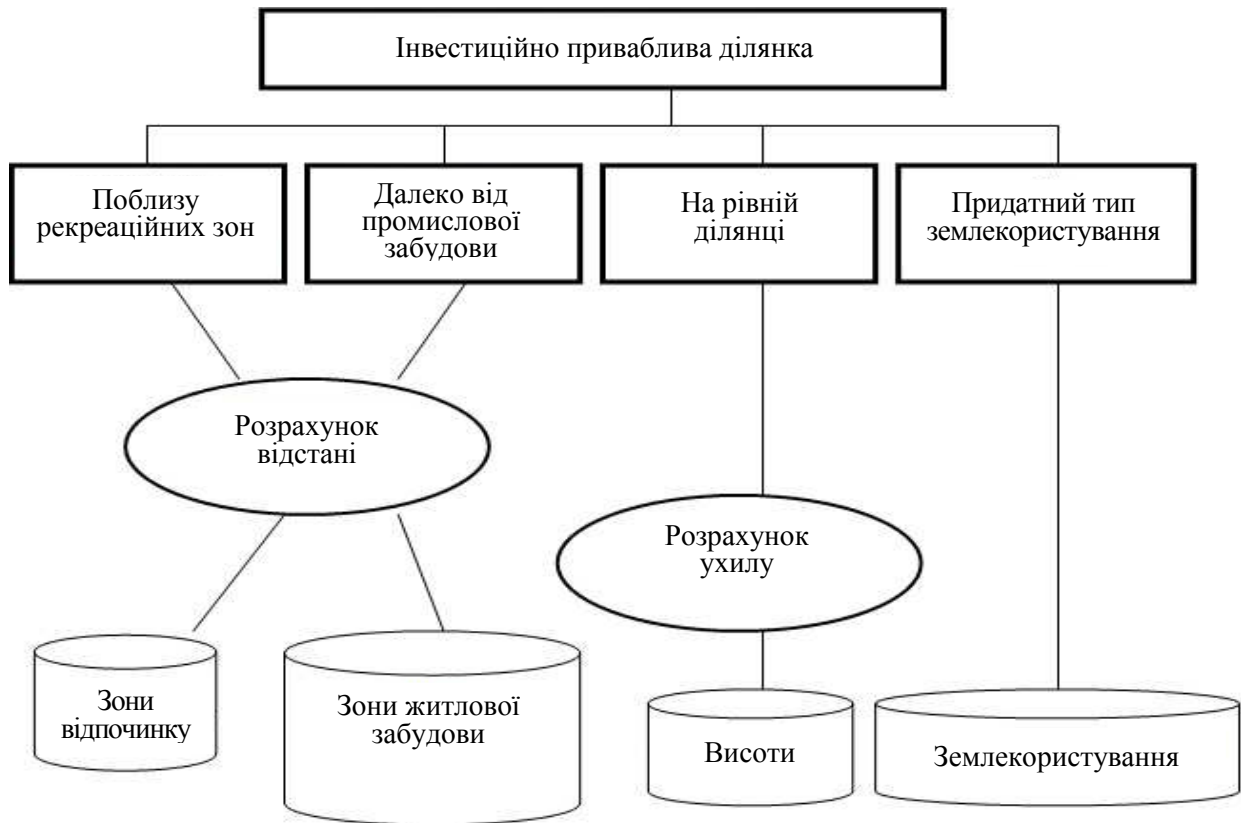
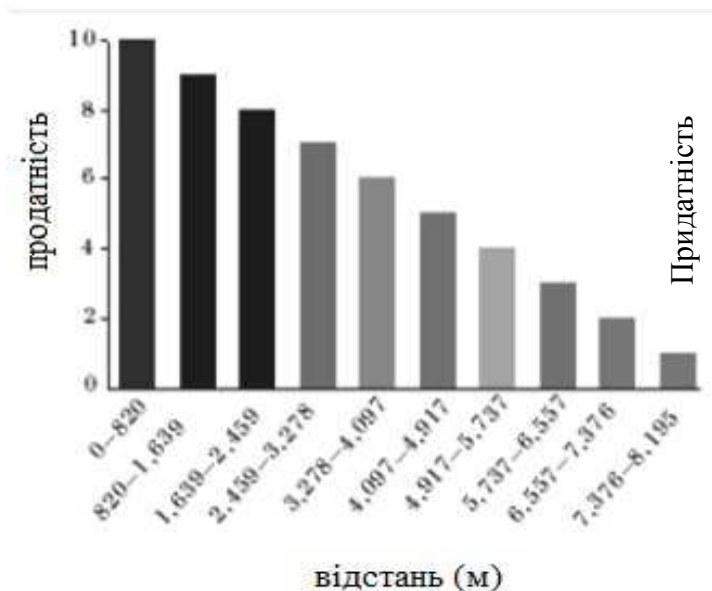


Рис. 3.2 – Модель процесу пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок



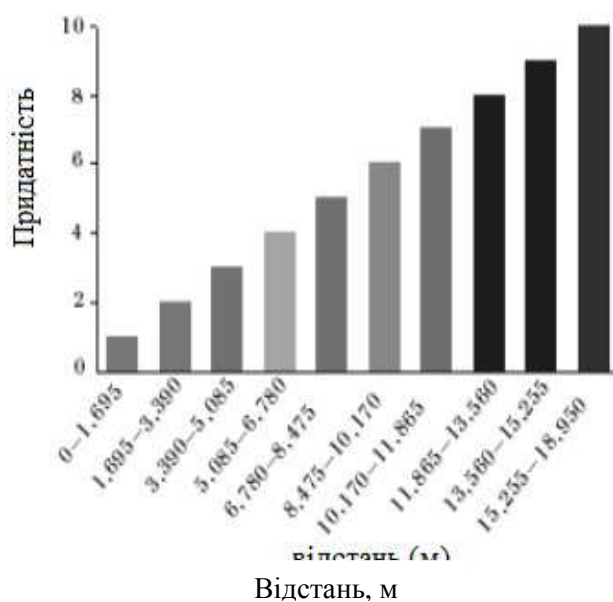
Рис. 3.3 – Послідовність кроків для створення карти придатності міської території





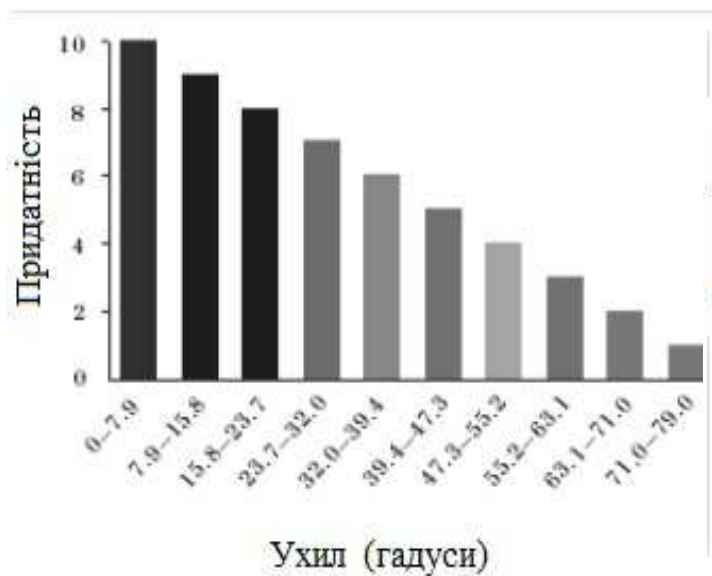
Ранжування ділянок за  
найближеністю до рекреаційних  
зон

а)



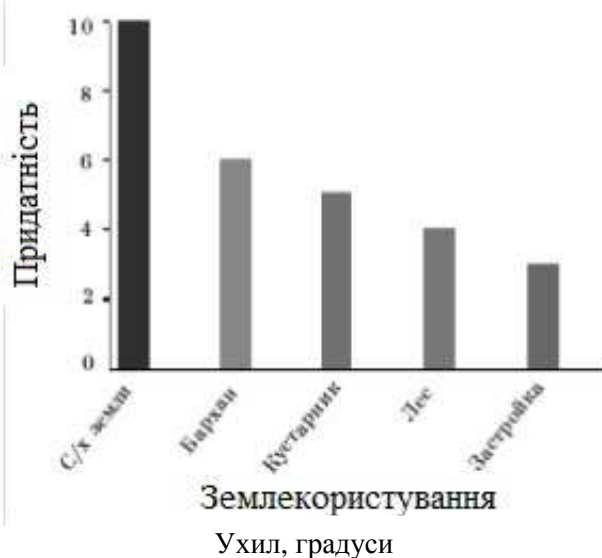
Ранжування ділянок за найближеністю  
до промислових підприємств

б)



Ранжування ділянок за  
рельєфом місцевості

с)



Ранжування ділянок за  
землекористуванням

д)

Рис. 3.4 – Побудова шкал придатності

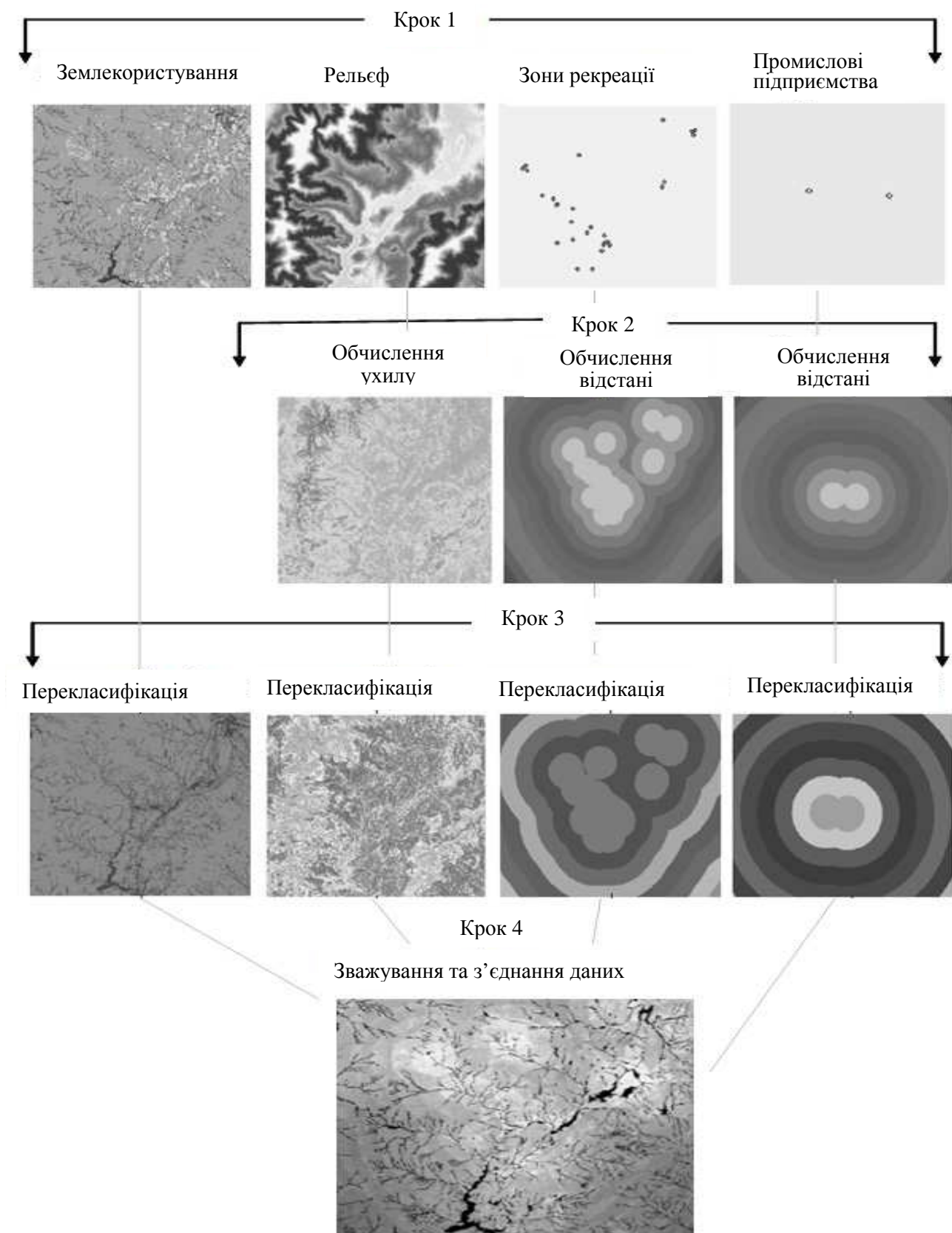


Рис. 3.5 – Схема процесу пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок

Таким чином, були визначені дві області, які можна розглядати як інвестиційно-привабливі для житлової забудови міської території. Результат пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок наведено на рис. 3.6.

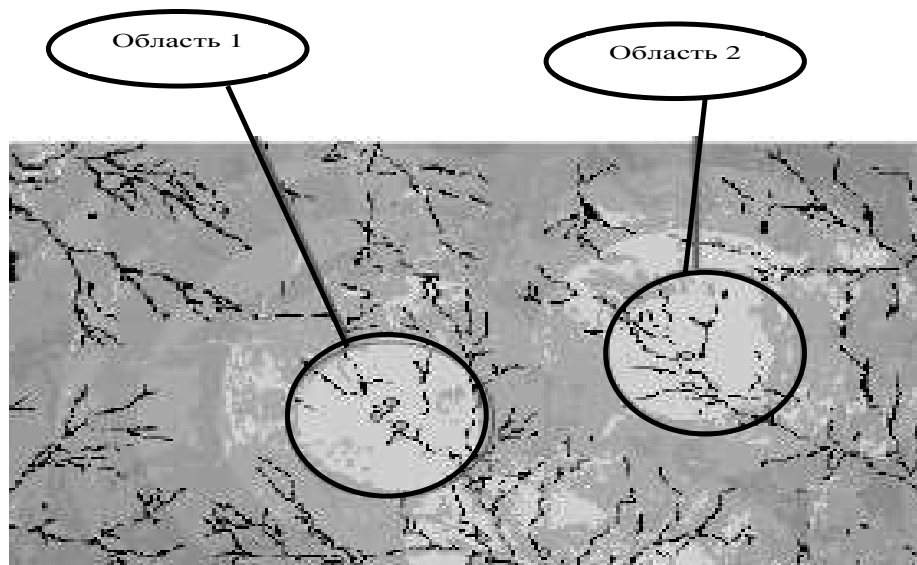


Рис. 3.6 – Результат пошуку інвестиційно-привабливих земельних ділянок

Отже, на прикладі вирішення завдання пошуку придатної земельної ділянки для житлового будівництва в межах міської території розглянуто можливість використання просторових операторів ГІС. Висвітлено методику побудови концептуальної моделі віднайдення інвестиційно-привабливої території для житлового будівництва.

Наочно показано, що з двох головних типів даних ГІС: растрових і векторних, растри забезпечують середовище для просторового аналізу. Окрім того, з'ясовано, що використання програмного продукту ArcGIS шляхом, комбінування вхідних даних дає змогу проаналізувати міську територію з метою визначення інвестиційної привабливості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Геоинформационные системы в дорожном строительстве: справ. энцикл. дорожника (СЭД) / А. В. Скворцов, П. И. Поспелов, В. Н. Бойков, С. П. Крысин. – М. : ФГУП «ИНФОРММАВТОДОР», 2006. Т. VI.

#### **1.4 Геоінформаційне забезпечення просторово-планувальних рішень в умовах невизначеності**

У цей час спостерігається значне ускладнення завдань прийняття просторово-планувальних рішень (ППР), пов'язаних із освоєнням міських територій. Виникла нагальна потреба в залученні нових математичних методів, у впровадженні геоінформаційних технологій у процес управління територіальним розвитком міст.

Сучасна практика розміщення нових містобудівних об'єктів на міській, уже сформованій території, а особливо техногенних об'єктів, якими є автозаправні станції, призводить до негативних змін інженерно-геологічних характеристик територій. Водночас зазвичай ігноруються можливості зміни параметрів природного середовища під впливом нової забудови, а також благоустрою міської території загалом.

Виконання прогнозу та прийняття ППР щодо забудови територій на практиці пов'язано зі значними труднощами, які зумовлені великою трудомісткістю розрахунків із перевірки антропогенних впливів, які виникають унаслідок розміщення техногенно-небезпечного об'єкта.

У Державних будівельних нормах України сформульована досить струнка система територіального планування, що має перетворитися на підґрунтя як прогнозування, так і прийняття ППР щодо розвитку міської території. Проблема розкриття інвестиційного потенціалу території, однак, на мікрорівні висвітлена недостатньою мірою: точковий об'єкт, ділянка під забудову, розміщення техногенно небезпечного об'єкта в міській мережі, просторова зона у правилах землекористування та забудови. Для розгляду території на мікрорівні використовуються такі інструменти, як бізнес-план, паспорт майданчик під забудову, оцінка вартості нерухомості, що здебільшого не мають безпосереднього стосунку до особливостей просторово-планувальних рішень. Загалом на мікрорівні процес прийняття ППР щодо вибору місця розміщення нових містобудівних об'єктів наразі видається остаточно неформалізованим.

Прийняття ППР щодо розміщення нових містобудівних об'єктів, особливо техногенно небезпечних, потребує повної інформації, отримати яку не завжди можливо. Одним із напрямів вирішення завдань містобудівного проектування сьогодні є застосування аналітичних систем, що ґрунтуються на нечіткій логіці.

Функціонування нечітких систем базується на використанні лінгвістичних змінних, що дає змогу формалізувати нечітко сформульовані завдання з розміщення нових об'єктів, особливо в умовах забудованих територій.

Нечіткість під час прийняття рішень щодо забудови міських територій виникає у випадку, коли потрібно кількісно охарактеризувати якісні поняття й відносини між об'єктами вже сформованої містобудівної системи. У цьому разі експерти здебільшого не можуть оперувати чіткими поняттями, а використовують нечіткі змінні, зрозуміти на рівні підсвідомості, які неможливо (складно) подати в кількісному вигляді. У нечіткій логіці точні значення змінних перетворюються на значення лінгвістичних змінних за допомогою застосування теорії нечітких множин. Значення будь-якої величини подаються не числами, а словами природної мови – термами.

Належність кожного точного значення одному з термів лінгвістичної змінної визначається функцією належності.

Варто зазначити, що нечіткість виявляється у процесі ухвалення просторово-планувальних рішень:

- у процесі опису формулювання мети та завдань класифікації;
- під час вибору системи показників, що характеризують формулювання завдання;
- під час вибору алгоритмів класифікації;
- під час добору способів подання кінцевого результату.

Застосування поняття «нечітка множина» відкриває широкі можливості для аналізу й вирішення просторових завдань, зокрема щодо прийняття просторово-планувальних рішень із керування міською територією.

Розглянемо одне з можливих формулювань завдання просторово-планувального рішення щодо розміщення техногенно небезпечного об'єкта на території Комінтернівського адміністративного району міста Харкова. Техногенно небезпечним об'єктом є автозаправна станція (АЗС).

Реалізація моделей для вирішення завдань щодо просторового планування пов'язана здебільшого зі створенням складних багатофакторних структур, які зважають на:

- просторову неоднорідність об'єктів, розташованих на міській території;
- вагу або значущість кожного фактора;
- просторові взаємозв'язки між об'єктами, які беруть участь у вирішенні просторово-планувальних завдань.

Наразі одним із найпростіших варіантів для прийняття ППР є моделювання ситуації засобами просторового аналізу ГІС, тобто прості операції з геометричного накладання даних різних тематичних шарів. Водночас

наявні об'єкти тематичних шарів можуть розглядатися як виняткові фактори. Чітко класифікуються набори даних, використовується весь арсенал логічних і математичних операторів, вагові коефіцієнти яких указують на ступінь придатності кожного з виняткових факторів.

Доцільність застосування класифікацій із використанням методів теорії нечітких множин для прийняття рішень припускає можливість зараховувати територіальні об'єкти не просто до одного з класів (як у стандартних алгоритмах багатомірних класифікацій), а одночасно до кількох класів із різними функціями належності. Така класифікація зручна, коли насправді межі між класами мають нечіткий, перехідний характер, на що варто зважати під час математичного моделювання та відповідним чином відображати в тематичних шарах ГІС.

Згідно з Державними будівельними нормами України головним фактором, що обмежує прийняття рішень щодо розміщення АЗС, є відстань до об'єктів міської інфраструктури. Найменування об'єкта, щодо якого встановлюється обмеження на розміщення АЗС, і мінімальна відстань до об'єкта наведені в таблиці 1.2.

Щоб прийняти рішення щодо розміщення АЗС на території Комінтернівського адміністративного району міста Харкова розроблена база даних у середовищі ArcGIS 9.3, що містить тематичні шари, створені відповідно до таблиці 1.2. На рис. 4.1, а, б, в, г подано зміст тематичних шарів, які є вихідними даними для прийняття ППР щодо розміщення АЗС на території Комінтернівського адміністративного району. Ґрунтуючись на вхідних даних, за допомогою функціональних засобів Spatial Analyst побудовано карти, що відображають ступінь придатності міської території щодо відповідних об'єктів.

Растрові набори даних, отримані внаслідок застосування функцій Spatial Analyst, використовуються для обчислення таких відстаней:

- від головних магістралей Комінтернівського району;
- до будинків і споруд;
- від рекреаційних зон;
- від зупинок пасажирського міського транспорту;
- від уже наявних АЗС.

Таблиця 1.2

Найменування об'єкта, до якого встановлюється відстань від споруд АЗС	Мінімальна відстань, м
1	2
Житлові та громадські будинки	25
Місця масового скупчення людей (зупинки суспільного транспорту, межі території ринку)	30
Окремі торговельні намети та ятки	20
Індивідуальні гаражі та відкриті стоянки для автомобілів	18
Очисні каналізаційні споруди, які не належать до АЗС	15
Виробничі, адміністративні та господарські будівлі, складські приміщення та будинки промислових підприємств	12
Склади лісових матеріалів, торфу, горючих речовин та ін.	20
Лісові масиви, парки, міські сквери	25
Перетинання з магістраллю	100
Перетинання з вулицею місцевого значення	35

Приклади растрових наборів даних, які моделюють вимоги, пропоновані до розміщення АЗС на міській території, показано на малюнку 4.2 а), б), в).

У загальному випадку прийняття ППР полягає в генерації можливих альтернатив рішень  $\{A\}$ , їхній оцінці й виборі кращого, «правильного ППР»  $A^*$ . У результаті оцінки з вихідної безлічі  $\{A\}$  виділяють підмножина альтернатив, які припустимі по якості  $\{A^{don}\}$ .

Для використання в моделях просторово-планувальних рішень інформації, що представлена на основі теорії нечітких безлічей, необхідно визначити вид функцій приналежності. Вибір або побудова відповідних функцій приналежності є важливим компонентом у прийняття рішень.

Для ідентифікації різних умов для вибору придатної для розміщення АЗС земельної ділянки на міський і вже забудованої території визначені лінгвістичні змінні (ЛП) для всіх вимог, які встановлені Державними будівельними нормами України.

Лінгвістичну змінну будемо визначати кортежем [2]

$$\langle \beta; T; U; G; M \rangle,$$

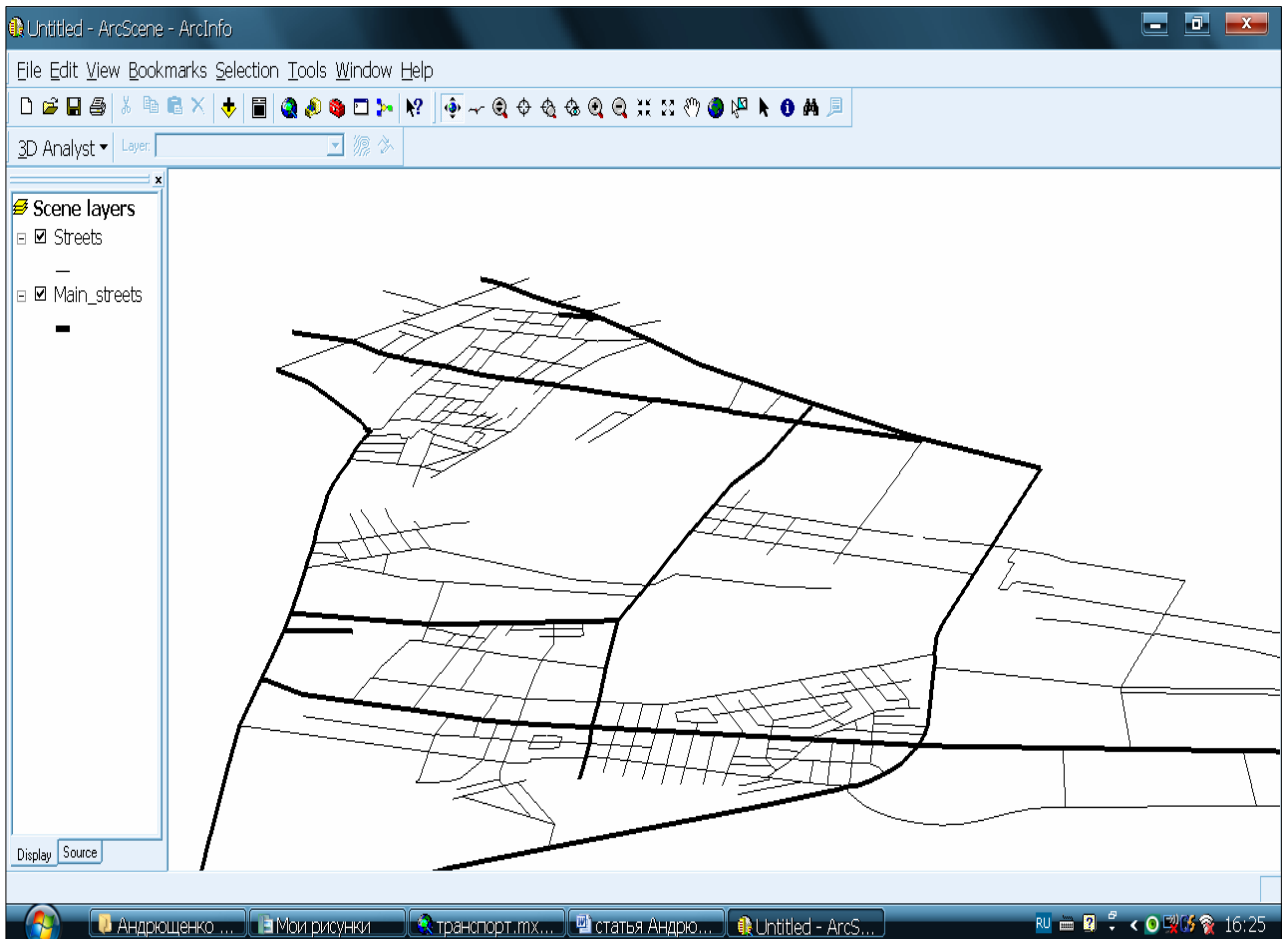
де  $\beta$  – ім'я лінгвістичної змінної;

$T$  – безліч термов, які представляють найменування нечітких змінних;

$U$  – область визначення кожної з нечітких змінних;

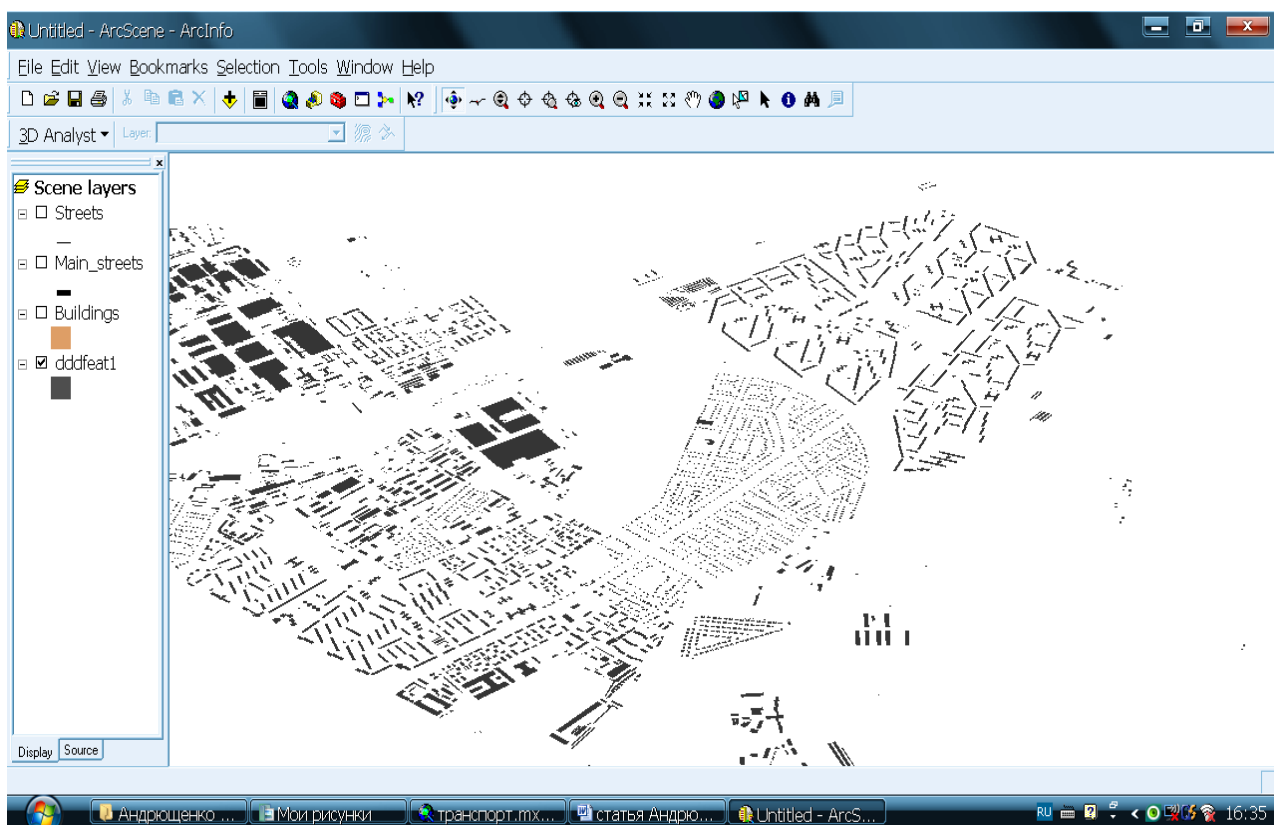
$G$  – синтаксична процедура, що характеризує процес утворення з безлічі  $T$  нових, значень лінгвістичної змінної;

$M$  – семантична процедура, що привласнює новому значенню, утвореному процедурою  $G$ , деяку семантику шляхом формування відповідної нечіткої безлічі, тобто відображає нове значення в нечітку змінну.

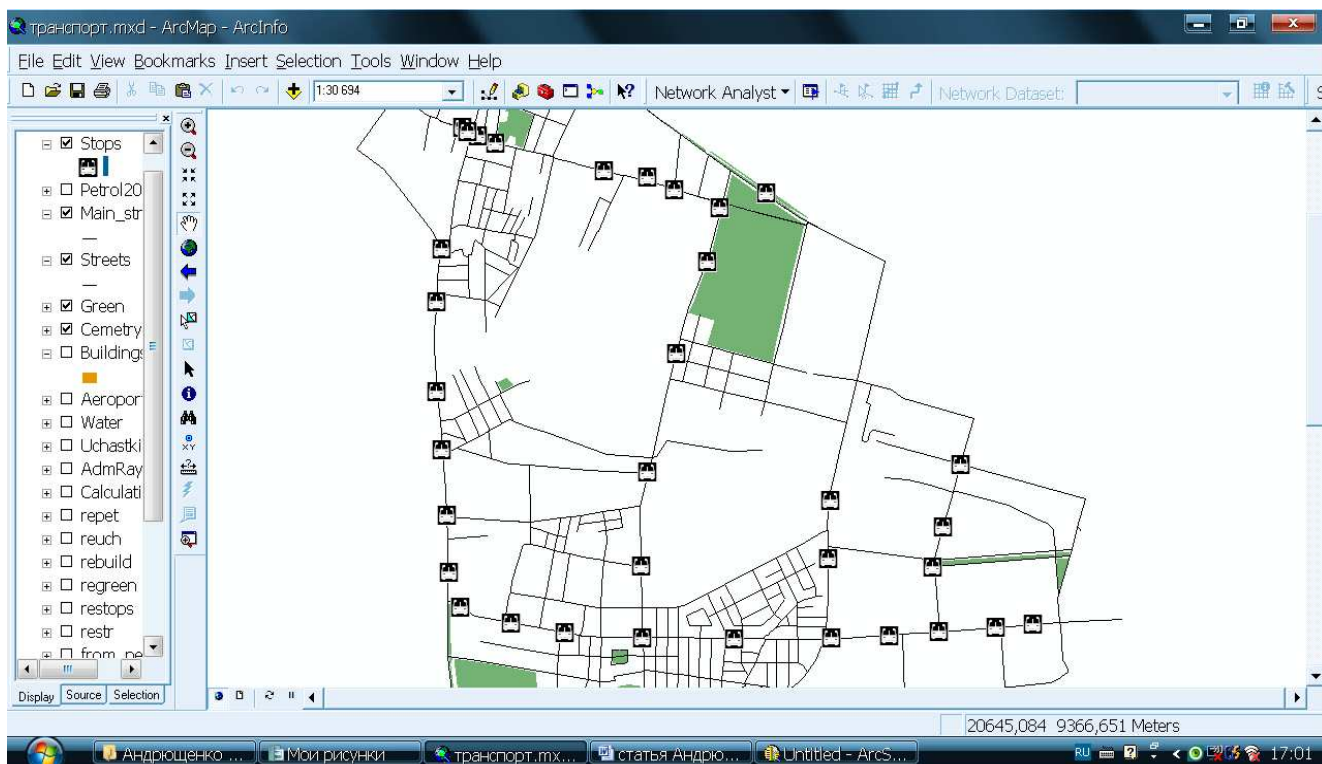


a)

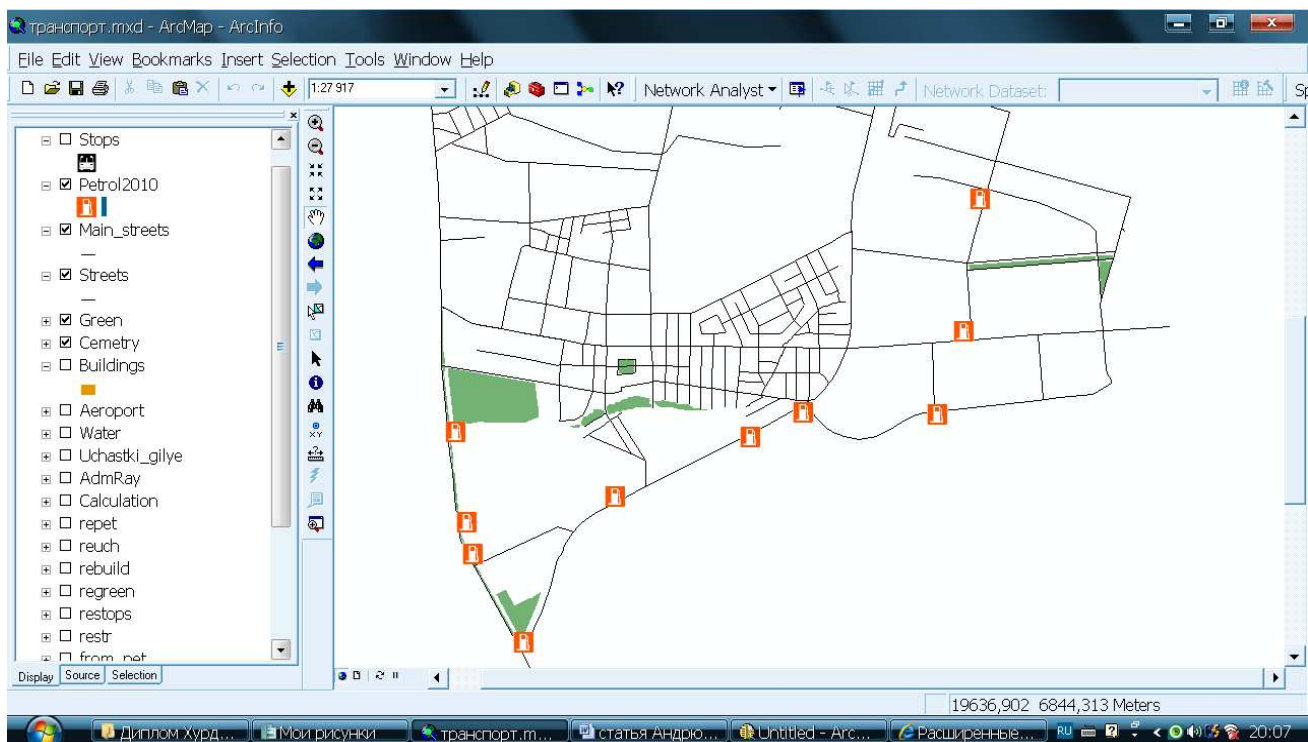




6)



В)

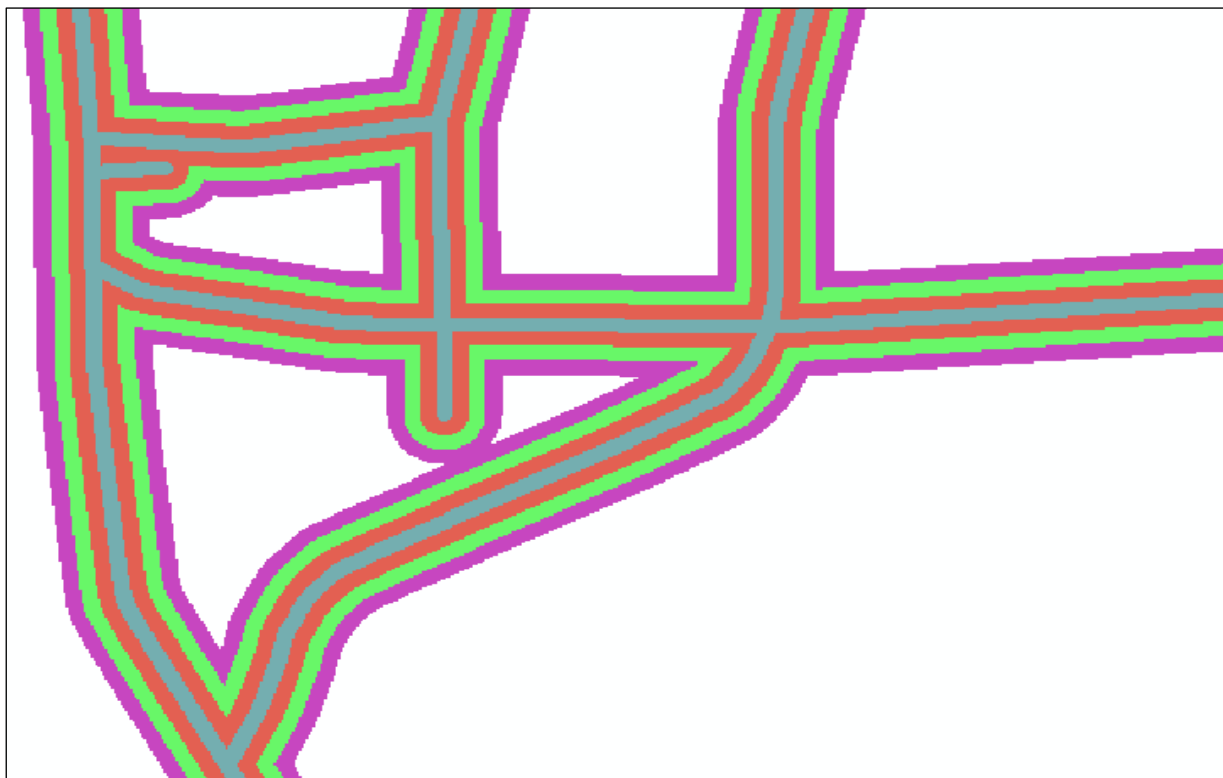


г)

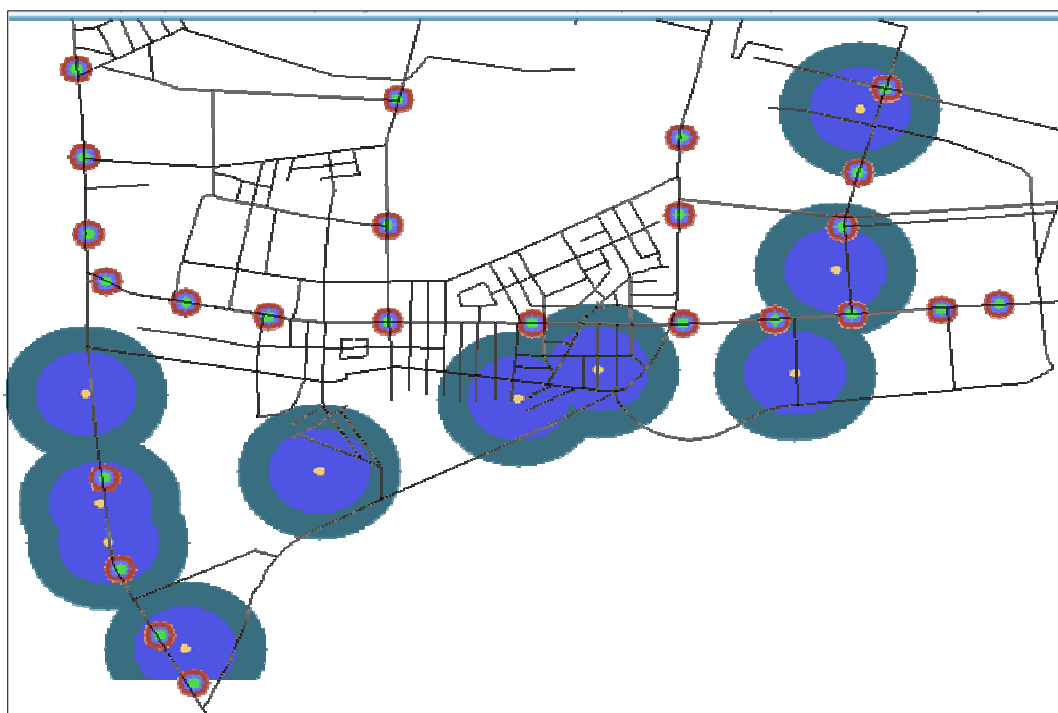
Рис. 4.1 – Тематичні шари бази геоданих:  
а) магістралі й вулиці місцевого значення;  
б) житлові й суспільні будинки; в) існуючі АЗС;  
г) місця масового скупчення людей (зупинки суспільного транспорту)



а)



б)



в)

Рис. 4.2 – Вимоги до відстаней, установлені відповідно до Державних будівельних норм України, у вигляді растрових наборів даних:  
 а) житлові та суспільні будинки; б) магістралі й вулиці місцевого значення;  
 в) зупинки суспільного транспорту й існуючі АЗС.

У загальному випадку базова терми-безліч розглянутих лінгвістичних змінних має вигляд

$$T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}, \quad i \in K = \{1, 2, \dots, l\},$$

де  $T_i$  – нечітка змінна, відповідна терму  $T_i \in T$ .

Позначимо нечітку безліч для кожної лінгвістичної змінної

$$A_i = \{\langle \mu_{A_i}(x) / x \rangle\} \quad (x \in X),$$

де  $\mu_{A_i}(x)$  – функція приналежності;

$X$  – базова безліч, у нашому випадку визначається вимогами Державних будівельних норм України.

Базова терми-безліч утвориться на основі експертних міркувань і може бути отримано реалізацією *G-процедури* із застосуванням модифікатора  $m$  ( $m$  відповідають такі слова, як ДУЖЕ, БІЛЬШ-МЕНШ, НЕЗНАЧНИЙ, СЕРЕДНІЙ та ін.) Наприклад, для лінгвістичної змінної «Відстань від магістралей і вулиць місцевого значення» базова терми-безліч є  $T_x = \{\alpha_{x1}; \alpha_{x2}; \alpha_{x3}; \alpha_{x4}\} = \{\text{близько; недалеко; далеко; дуже далеко}\}$ .

Аналіз літературних джерел [5-7] і власні дослідження дозволили виявити й описати вимогами Державних будівельних норм України до розміщення таких техногенно-опасних об'єктів як АЗС у вигляді лінгвістичних змінних. Функції приналежності термов лінгвістичних змінних апроксимуються типовими функціями виду (1) - (3):

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{b-a} \left( x - \frac{a+b}{2} \right), & a \leq x \leq b \\ 0, & b \leq x \end{cases} \quad (1)$$

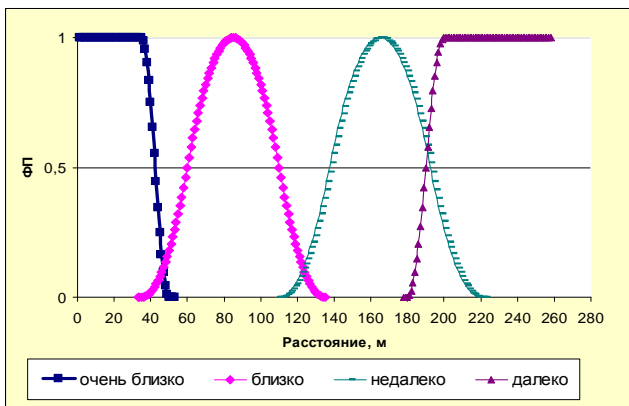
$$\mu(x, b, c) = \begin{cases} s(x; c-b, c-b/2, c), & x \leq c \\ 1 - s(x; c, c+b/2, c+b), & x \geq c \end{cases}, \quad (2)$$

$$\text{де } s(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, x \leq a \\ 2 \left( \frac{x-a}{c-a} \right)^2, a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left( \frac{x-c}{c-a} \right)^2, b \leq x \leq c \\ 1, x \geq c \end{cases}$$

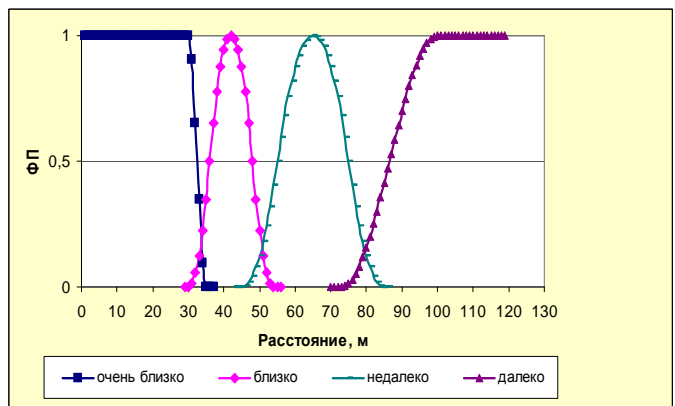
$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 0, x \leq a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{b-a} \left( x - \frac{a+b}{2} \right), a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 4.3 а), б), в), г) дана графічна інтерпретація функцій належності для вимог, які пред'являються до розміщення АЗС на міській території й різні умови, що характеризують, прийняття просторово-планувальних рішень.

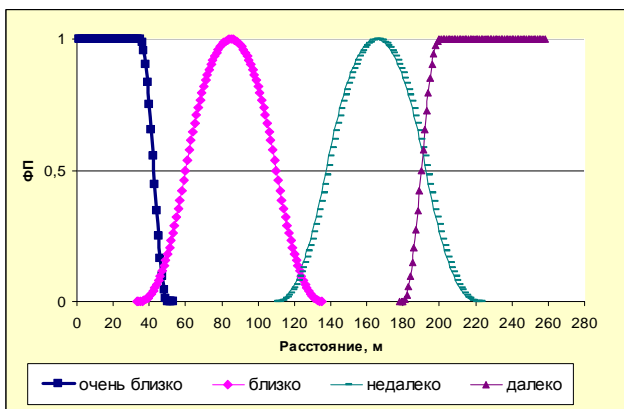
У таблицях 4.1-4.4 представлені базові терми-безлічі, наведені аналітичні залежності й параметри функцій належності термів лінгвістичних змінних.



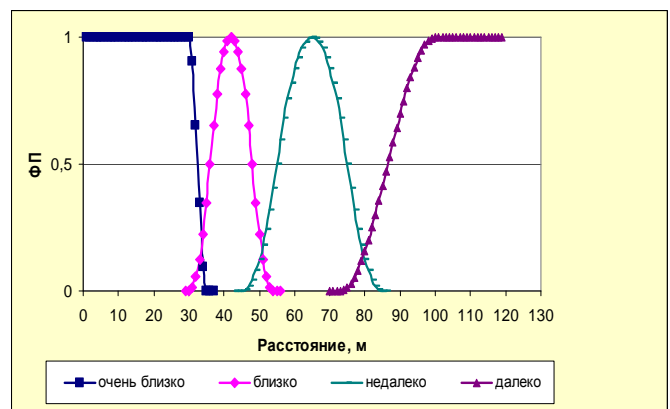
а) «Відстань від магістралей і вулиць місцевого значення»



б) «Відстань від зупинок суспільного транспорту»



в) «Відстань від рекреаційних зон»



г) «Відстань від житлових та суспільних будинків»

Рис. 4.3 – Функції належності термів лінгвістичних змінних

З використанням нечітких множин запит на пошук придатної земельної ділянки на території Комінтернівського району для розміщення АЗС із урахуванням вимог Державних будівельних норм України формулюється у вигляді:

[ **IF** (близько від магістралей і вулиць місцевого значення),  
 & (далеко від зупинок суспільного транспорту),  
 & (далеко від рекреаційних зон),  
 & (дуже далеко від житлових і суспільних будинків),  
**THEN** територія придатна ].

Таблиця 4.1

Вид і параметри функцій належності  
 лінгвістичної змінної  
 «Відстань від магістралей і вулиць місцевого значення»

Терми лінгвістичної змінної «Відстань від магістралей і вулиць місцевого значення»	Вираз для функції належності	Значення параметрів функції належності
Дуже близько	Рівняння (1)	a=35; b=50
Близько	Рівняння (2)	b=50; c=85
Недалеко		b=55; b=165
Далеко	Рівняння (3)	a=180; b=200

Таблиця 4.2

Вид і параметри функцій належності  
 лінгвістичної змінної «Відстань від зупинок суспільного транспорту»

Терми лінгвістичної змінної «Відстань від зупинок суспільного транспорту»	Вираз для функції належності	Значення параметрів функції належності
Дуже близько	Рівняння (1)	a=30; b=35
Близько	Рівняння (2)	b=12; c=42
Недалеко		b=20; b=65
Далеко	Рівняння (3)	a=73; b=100

Таблиця 4.3

Вид і параметри функцій належності  
лінгвістичної змінної «Відстань від рекреаційних зон»

Терми лінгвістичної змінної «Відстань від рекреаційних зон»	Вираз для функції належності	Значення параметрів функції належності
Близько	Рівняння (1)	$a=25; b=30$
Недалеко	Рівняння (2)	$b=18; c=42$
Далеко		$b=30; c=75$
Дуже далеко	Рівняння (3)	$a=95; b=120$

Таблиця 4.4

Вид і параметри функцій належності  
лінгвістичної змінної «Відстань від житлових і суспільних будинків»

Терми лінгвістичної змінної «Відстань від житлових й суспільних будинків»	Вираз для функції належності	Значення параметрів функції належності
Близько	Рівняння (1)	$a=25; b=30$
Недалеко	Рівняння (2)	$b=62; c=87$
Далеко		$b=60; c=200$
Дуже далеко	Рівняння (3)	$a=245; b=280$

На рис. 4.4 показано тематичний шар який містить інформацію із придатних земельних ділянок міської території, що задовольняють сформульованим вимогам, для розміщення АЗС. На малюнку придатна територія обведена окружностями. Визначено п'ять потенційних ділянок на які можливе розміщення техногенно-опасних об'єктів у міській рисі, що задовольняють вимогам Державних будівельних норм.

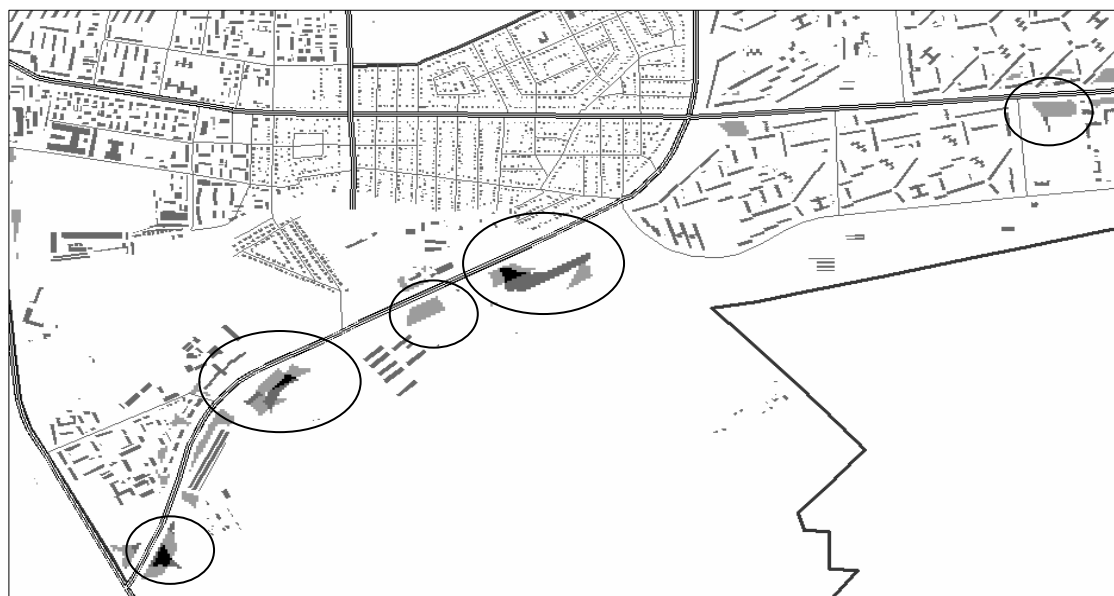


Рис. 4.4 – Тематичний шар з рекомендаціями з розміщення АЗС

У результаті проведених досліджень запропонований опис вимог Державних будівельних норм України у вигляді лінгвістичних змінних. Для лінгвістичних змінних визначені базові терми-множини. Зроблено відповідним цим описам ідентифікацію функцій належності нечітких множин. Обрано й обґрунтовані вид функцій належності, визначені їхні параметри, зроблена перевірка виконання вимог, які пред'являються до їхньої побудови.

Таким чином, можна сказати, що сучасні програмні засоби ГІС у своїй основі використовують класичну теорію множин, що у свою чергу лише фіксує задає точність, що, інформації, що використовується для просторово-планувальних рішень при виборі придатної території. Застосування нечіткої логіки дозволяє визначити проміжні значення для вимог, які встановлені в Державних будівельних нормах України. Вираження подібні таким, як *далеко*, *дуже далеко*, *недалеко* можливо формулювати математично й обробляти на комп'ютерах для забезпечення просторово-планувальних рішень в умовах невизначеності. Отримані результати є основою для побудови механізму нечіткого висновку експертної системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К. А.. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов.- 13-е изд. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
3. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1990. – 272 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
5. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.



### **1.5 Організація паркувань у великому місті на основі просторово-точного моделювання**

Недолік місць для паркування легкового автотранспорту відчувається на всіх територіях великих міст, а особливо в їхніх центральних районах, що породжує ряд гострих проблем: зниження пропускної здатності вулично-дорожньої мережі міста, погіршення умов безпеки руху транспорту, ускладнення проїзду суспільного транспорту та термінових служб (аварійних, рятувальних, медичних, пожежних), труднощі в проведенні механізованого прибирання вулиць, дискомфорт і підвищена небезпека руху пішоходів, погіршення екологічної обстановки й ін.

Значне перевищення попиту на місця паркувань над надаваною кількістю паркувальних місць є характерною рисою центрів великих міст. Крім того, негативний вплив на умови й безпеку дорожнього руху в містах робить процес неорганізованих паркувань легкових автомобілів на вулично-дорожній мережі (ВДМ) з порушенням Правил дорожнього руху (ПДР).

По наявним даним вітчизняних і закордонних досліджень, частка дорожньо-транспортних випадків (ДТВ), пов'язаних із процесом паркування легкових автомобілів у великих містах, становить від 5 до 15 %. Як правило, такі ДТП виникають при маневруванні автомобілів, що під'їжджають до краю проїзної частини для зупинки або вбудовуються в транспортний потік. Разом з тим, в умовах гострого дефіциту машиномісць на позавуличним стоянках, проїжджаюча частина надає практично єдину можливість здійснити стоянку при внутріміських поїздках на автомобілі.

У цей час фактично відсутня єдина нормативно-методична база, що дозволила визначити порядок організації паркувань на ВДМ і регламентувати їхні параметри. У результаті навіть організовані паркування, у тому числі платні, у ряді випадків розміщаються без належного обґрунтування, що приводить до зниження пропускної здатності ВДМ, росту кількості ДТП, а також збільшенню затримок транспортних засобів.

Таким чином, у цей час актуальним стає питання про регулювання організації місць для паркувань. Відомо, що засобу від оплати за паркування, надходять у місцевий бюджет і найчастіше використовуються муніципалітетами на підтримку й розвиток інфраструктури в області організації паркувань автомобілів.

Оплата за паркування, крім того, є одним з інструментів регулювання політики організації паркувань. Для того щоб удосконалювати політикові

організації паркувань крім економічних факторів необхідний інструмент, що дасть можливість особам, що приймають рішення (ОПР) оцінювати й вибирати ефективний варіант організації паркувань автомобілів в умовах обмеженої кількості паркувальних місць у центральній частині міської території.

Досліджується методика побудови просторово-точної імітаційної моделі організації паркінгу (МОП) автомобілів у центральній частині великого міста, на прикладі міста Харкова. Модель організації паркінгу заснована на моделюванні дій кожного водія, що приймає участь у процесі паркування свого автомобіля й охоплює основні етапи цього процесу: рух до місця призначення, пошук і покидання паркувального машиномісця.

Питання організації паркувань легкового транспорту вивчалися багатьма фахівцями. Так, різним аспектам проектування й оцінки функціонування паркувань присвячені дослідження М. Б. Афанасьєва, Є. Н. Боровика, О. М. Герасимова, І. М. Головних, Ю. С. Ланцберга, Є. М. Лобанова, І. О. Пихлака, О. Г. Романова, Г.М. Саруханяна, В. В. Шештокаса та ряду інших авторів. Всі традиційні підходи до вивчення процесу паркування на міській території виходять із поняття «середнього водія», «середньої кількості автомобілів», які перебувають в «звичайній», непросторовому навколишньому оточенню.

У досліджуваній просторово-точній моделі організації паркінгу зроблена спроба врахувати дії кожного водія при паркуванні, що залежить від кількості доступних машиномісць, але саме головне – те, що автомобілі перебувають у просторі, що моделюється реальними шарами геоінформаційної системи.

Деталізоване міське середовище є основою для процесу аналізу часу пошуку паркувального місця, часу на пересування від місця паркування до місця призначення.

Просторово-точна МОП, представлена в статті, дозволяє вивчити потреба в паркувальних машиномісцях у центральній частині міської території в денний час.

Структура моделі. Просторово-точна МОП розроблялося відповідно до двох основних принципів [1]. Перший принцип полягає в тому, що МОП представляє просторово-точну модель, що побудована на основі геоінформаційної системи, що містить тематичні шари найбільш важливі для дослідження процесу паркування. Як такі шари були використані елементи вулично-дорожньої мережі міста – сегменти вулиць, паркувальні місця на головних вулицях, паркувальні місця поза головними вулицями, будинки,

точки суспільного тяжіння на головних вулицях. Другий принцип полягає в тому, що просторово-точна МОП розроблялася як агентно-орієнтована модель, що дозволяє моделювати пересування кожного автомобіля, що рухається до пункту призначення, визначає місце для паркування та залишає паркувальне місце. Основним елементом моделі є опис дій об'єкта, тобто автомобіля. Просторово-точна МОП містить правила, які визначають для кожного об'єкта моделі порядок руху до пункту призначення, умови пошуку машиномісця., умови паркування об'єкта й умови покидання паркування. Крім того правила визначають поведінку об'єкта у випадку відсутності паркувальних місць на або поза головних вулицях міської території.

Просторово-точна МОП функціонує на основі шарів міської території, отриманих у середовищі ArcGIS і може розглядатися як зовнішній додаток до ArcGIS, розроблене в середовищі Microsoft Visio Studio 2005 Pro. Інтерфейс просторово-точної МОП містить набір інструментів для вибору як області моделювання, установлення сценаріїв моделювання, так і зберігання отриманих результатів. Обмін даними між ArcGIS і просторово-точної МОП здійснюється файлами у форматі XML.

Просторова база даних. Просторова база даних у моделі складається із просторових шарів високого дозволу (для створення шарів використався масштаб 1:2000) і непросторових таблиць. Такими просторовими шарами є:

- вулично-дорожня мережа, кожен сегмент якої характеризується кількістю машиномісць для паркувань;
- дозволи або заборони поворотів;
- будинки на міській території, які визначають місця призначення для водіїв.

На підставі вихідних шарів будуються два додаткових шари. Шар «ліній» для моделювання вулиць із двостороннім рухом, які розташовані по обидва боки від центральної лінії вулиць і ліній, що моделюють однобічний рух, що показано на рисунку 5.1.

Паркувальні місця, розташовані на головних вулицях, моделюються у вигляді точок, які побудовані по обидва боки від центральної лінії сегмента вулиці. Середня дистанція між паркувальними місцями обрана 5 метрам, на підставі натурних спостережень.

Шар паркувальних машиномісць містить у собі всі фізично існуючі паркувальні місця, у тому числі ті, де паркування не дозволене, але технічно можлива.

Моделювання руху автомобіля в дискретному просторі та час. Модель реалізується в дискретному просторі та часі: за кожен ітераційний крок об'єкт (автомобіль) міняє своє положення з урахуванням швидкості руху. Тимчасова частота моделювання залежить від довжини паркувального машиномісця, що визначено як 5 метрів. Відповідно до цього, інтервал часу обраний  $\Delta t = 1$  сек, за умови що автомобіль рухається зі швидкістю  $V = 18$  км/ч, щоб транспортний засіб могло за один крок ітерації просунути на 5 м [1].

В моделі швидкість руху  $V_s$  (км/ч) перераховується у швидкість  $V_m$ , що вимірюється в довжинах машиномісць для кожного інтервалу модельного часу. Модельна швидкість транспортного засобу  $V_m$  у моделі представляється як:

$$V_m = V_{m, \text{int}} + V_{m, \text{dec}},$$

де  $V_{m, \text{int}}$  – ціла частина  $V_m$ ;

$V_{m, \text{dec}}$  – десяткова частина  $V_m$ .

Як приклад, якщо швидкість 20 км/ч, довжина паркувального місця 5 метрів, за умови, що час ітерації 1 сек, то швидкість транспортного засобу в моделі  $V_m = 1, 11$  довжини місця паркування за один крок модельного часу, тобто  $V_{m, \text{int}} = 1$ , а  $V_{m, \text{dec}} = 0, 11$ .

Щоб моделювати рух на «нецілої», десяткової складовій швидкості  $V_m$ , у моделі генерується випадкове число  $\eta$ , що рівномірно розподілене на інтервалі  $[0,1]$ . У такому випадку автомобіль просувається на відстань  $D = V_{m, \text{int}} + 1$  довжин місць паркування в напрямку до місця призначення при виконанні умови  $V_{m, \text{dec}} > \eta$  або  $D = V_{m, \text{int}}$ , якщо  $V_{m, \text{dec}} < \eta$ , що можна записати у вигляді:

$$D = \begin{cases} V_{m, \text{int}} + 1, & \text{если } V_{m, \text{dec}} > \eta; \\ V_{m, \text{int}}, & \text{если } V_{m, \text{dec}} < \eta. \end{cases} \quad (1)$$

Вищезрозглянута математична модель застосовується до кожного транспортного засобу, рух якого моделюється. Варто зазначити, що перед початком подолання інтервалу  $D$  перевіряється, вільний черговий інтервал чи ні, в останньому випадку рух припиняється. Порядок руху транспортних засобів устанавлюється спочатку випадково для кожного циклу роботи алгоритму окремо.

Коли транспортний засіб наближається до перехрестя, тоді водій ухвалює рішення про напрямку руху для послідовного просування до місця призначення. У просторово-точній МОП рішення ґрунтується на зіставленні

дистанції до місця призначення від поточного перехрестя. У моделі розглядаються місця призначення, вилучені не більш ніж на 3—5 сегментах вулично-дорожньої мережі (рис. 5.1).

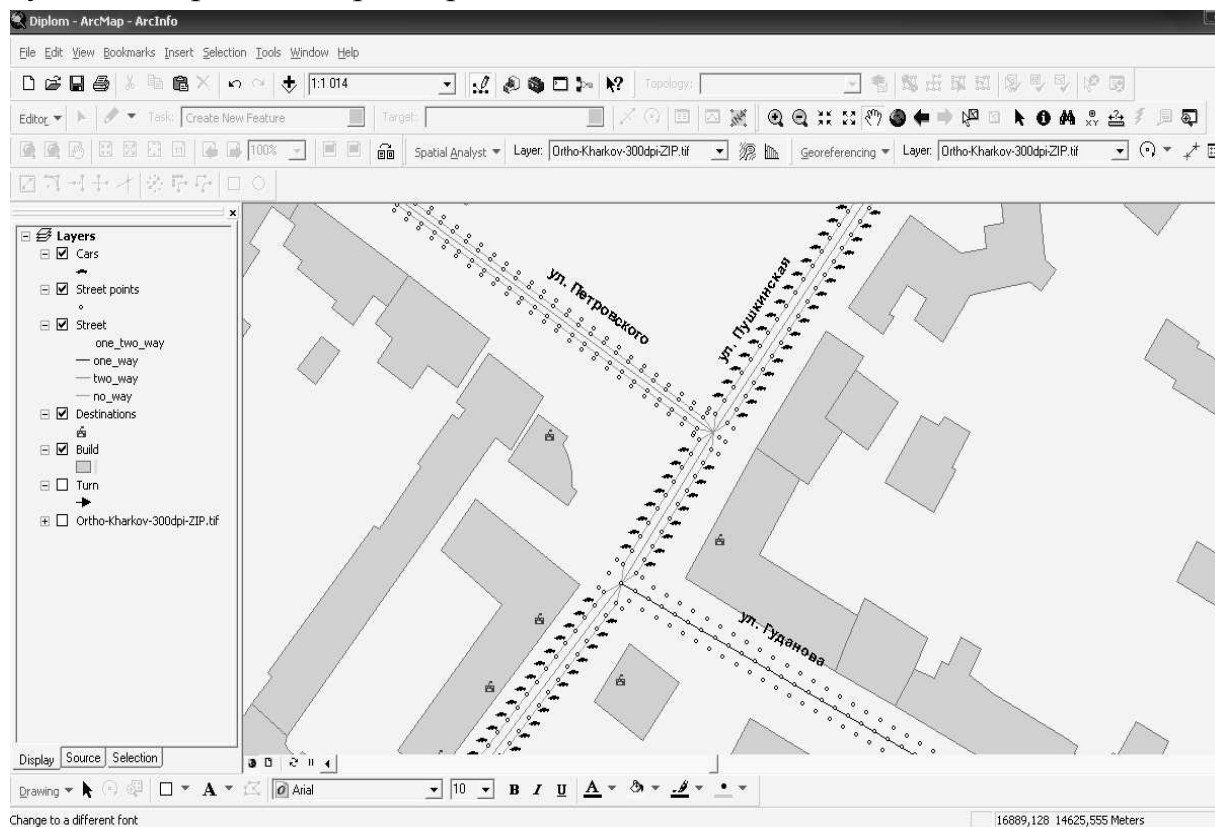


Рис.

5.1 — Головні й вторинні шари просторово-точної МОП у вікні ArcGIS

Усі транспортні засоби розглядаються в моделі на відстані початку пошуку потрібного місця, що відповідає 100 м просторово-точної МОП. Ідеться про відстань, на якій водій дізнається про потребу почати пошук місця для паркування. Місця призначення — це множина доступних точок метрів, що потрапляють у коло радіуса 100, установлена для певної МОП. Щоб почати моделювання руху транспортного засобу, одна з точок обирається за випадковою схемою.

Правила поведінки водія залежать від етапу процесу паркування. У просторово-точній МОП розглядаються чотири головних етапи процесу паркування [1, 2]:

етап 1 — рух у напрямку до місця призначення, обраного випадково;

етап 2 — оцінювання частки вільних машиномісць;

етап 3 — зупинка у знайденому місці паркування;

етап 4 — залишення місця паркування й залишення середовища моделювання.

Проаналізуємо етапи реалізації запропонованої моделі процесу паркування. На етапі 1 рух до місця призначення виконується відповідно до правила руху в модельному середовищі (1). На етапі 2 оцінюється частка вільних машиномісць. Другий етап виконується тоді, коли транспортний засіб перебуває між відстанню пошуку місця для паркування й відстанню ухвалення рішення щодо паркування (у моделі така відстань установлена відповідно 100 та 50 м).

На кожному кроці модельного часу оцінюється частка вільних паркувальних місць  $\Delta P_{\text{freedom}}$ :

$$\Delta P_{\text{freedom}} = N_{\text{freedom}} / (N_{\text{freedom}} + N_{\text{busy}}); \quad (5.3)$$

де  $N_{\text{freedom}}$  – кількість вільних машиномісць;

$N_{\text{busy}}$  – кількість зайнятих машиномісць.

Із відстані від початку пошуку місця паркування до відстані ухвалення рішення на паркування водій рухається з оцінкою  $\Delta P_{\text{freedom}}$  (рис. 5.3).

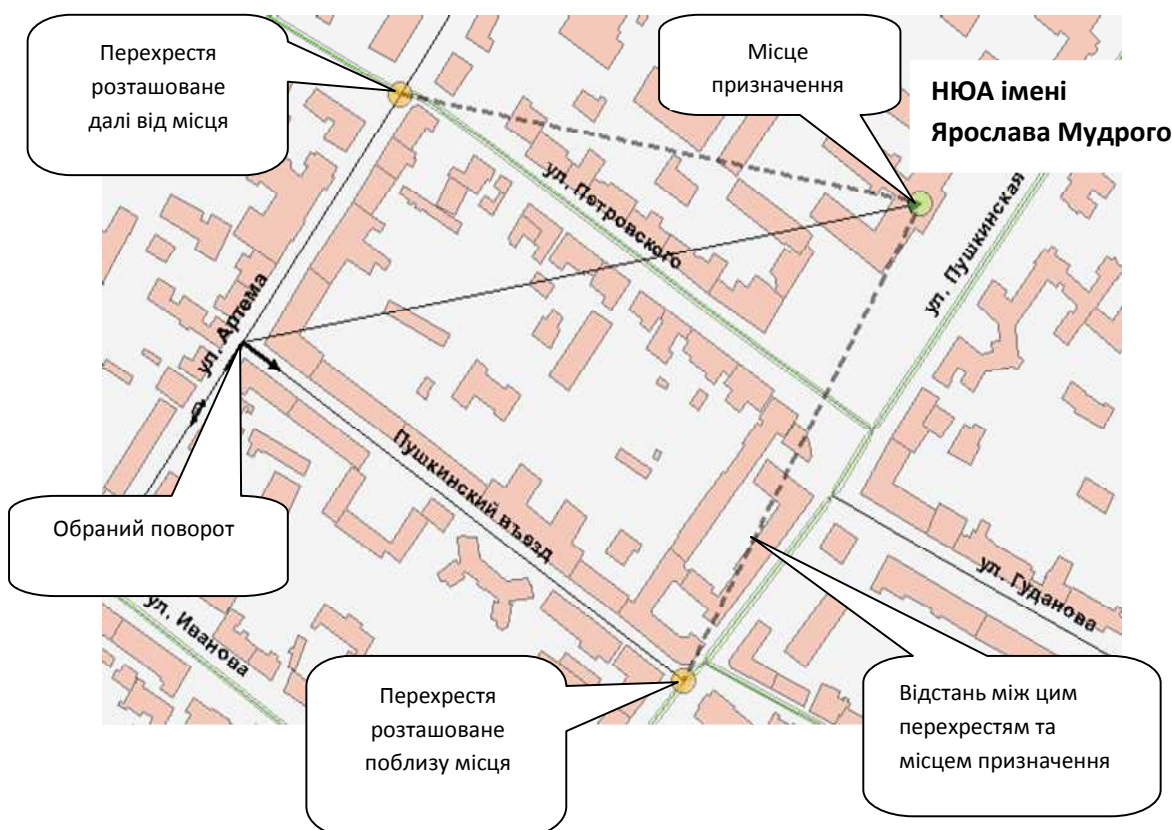


Рис. 5.3 — Схема вибору шляху відповідно до алгоритму дії водія

Наступні два етапи процесу паркування в моделі залежать від накопиченого часу пошуку паркування  $\tau$ . Якщо час пошуку паркування  $\tau$  в

моделі перевищує встановлене  $\tau_{search}$ , то транспортний засіб паркується на будь-якому машиномісці.

У моделі час  $\tau_{search}$  може встановлюватися залежно від вимог до часу пошуку вільного машиномісця. Водій паркується з інтервалом часу, що приписується кожному водієві випадково. Після закінчення часу, відведеного на паркування, час зникає з моделі організації паркування.



Рис. 5.3 — Схема шляху, яким водій рухається, з оцінкою  $\Delta P_{\text{freedom}}$

На підставі просторово-точної моделі оцінимо паркувальні можливості на головній вулиці (вул. Пушкінська). Кількісна характеристика досліджуваного району наведена в таблиці 5.1.

Оцінка загального попиту на паркування по вул. Пушкінській ґрунтується на кількості точок громадського тяжіння, отриманих на базі польових досліджень. Установлено, що в одній третині будинків є можливість паркуватися поза головною вулицею. Таким чином, максимальну місткість паркінгу на вулиці можна визначити за допомогою виразу:

$$P_{\max} = \frac{2L}{l_p} - l_p k - \frac{n_{\text{зд}}}{3}, \quad (5.4)$$

де  $P_{\max}$  — максимальна місткість паркінгу на головній вулиці;

$L$  — довжина вулиці Пушкінської;

$l_p$  — довжина машиномісць для паркінгу;

$k$  — кількість сегментів вулиці;

$n_{\text{зд}}$  — кількість будинків на головній вулиці.

Таблиця 5.1

## Кількісна характеристика району

Характеристика	Значення
Кількість будинків у центральному районі	1589
Загальна довжина вулиць у центральному районі (9 м)	32565,051
Кількість вуличних сегментів у центральному районі	177
Кількість машин на базі космічного знімання у денний час (вул. Пушкінська)	1249
Кількість будинків (по вул. Пушкінській)	161
Загальна довжина вул. Пушкінської, м	2766, 920

Оцінюючи зазначені параметри на базі просторово-точної моделі, максимальна місткість паркінгу по вул. Пушкінській становить 948,101 машиномісць. Загальне співвідношення попиту та пропозиції буде  $1249/948,101=1,31$  машин/машиномісце. Із огляду на те, що паркувальні місця в одній третині будинків зайняті переважно місцевими жителями й доступні лише на короткий час середини доби, їми можна знехтувати, тоді співвідношення попиту та пропозиції становитиме 1,4. Зважаючи на подальше зростання кількості автотранспортних засобів, співвідношення попиту та пропозиції на паркування постійно підвищуватиметься.

Вирішення питань розширення паркувальних можливостей головної вулиці щодо додавання машиномісць, поліпшення таким чином ситуації з попитом на машиномісця має забезпечити розроблена просторово-точна МОП.

У моделі розглянута гіпотетична можливість збільшення паркувальних місць на досліджуваній території шляхом додавання 500 паркувальних місць із вільним доступом. Було розглянуто два сценарії розподілу місткості паркувальних місць на території. Перший передбачає 500 машиномісць, розміщених централізовано на досліджуваній території, а другий — 4 місця розміщення паркувань на 125 машиномісць кожне.

Результати проведеного моделювання свідчать про те, що для другого сценарію за часу пошуку паркування в 10 хв кількість водіїв, час пошуку для яких перевищує 10-хвилинний бар'єр, складає 280—320 осіб. За централізованої організації паркінгу кількість водіїв, чий час пошуку перевищує 10-хвилинний бар'єр, коливається між 400—450 особами.



Розроблена просторово-точна модель дає змогу визначати вплив різних просторових сценаріїв на організацію паркування на території великого міста. Припускаємо, що зменшення часу пошуку паркувального місця позитивно вплине як на якість життя мешканців центральних районів, так і на якість навколишнього середовища. Таким чином уможливиться зменшення забруднення повітря, скупчення автотранспорту, які відбуваються через машини, водії яких зайняті вибором машиномісця для паркування.

Отже, це лише один із можливих підходів до побудови просторово-точної моделі організації паркування на території міста. Розглянуто математичну модель руху автомобіля в дискретному часі й просторі. Робота просторово-точної моделі вивчена на прикладі центрального району міста Харкова — вулиці Пушкінської, як найбільш завантаженої в денний час. На відміну від відомих традиційних моделей, такий підхід імітує дії кожного водія у просторово-точному міському середовищі, що значно підвищує значущість результатів моделювання. Розроблена модель має й низку недоліків. Наразі існує потреба в дослідженні властивостей просторово-точної імітаційної моделі, в оцінюванні похибки імітації, у визначенні чутливості імітаційної моделі. Із огляду на це варто говорити про те, що саме просторово-точні моделі дають змогу надавати адекватні кількісні оцінки під час моделювання дорожнього руху.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Benenson I. Entity-based modeling of urban residential dynamics : the case of Yaffo, Tel-Aviv. *Environment and Planning B : Planning and Design*. — 2002. — V. 29. — P. 491—512.
2. Bandman O. Computation properties of spatial dynamics simulation by probabilistic cellular automata // *Future Generation Computer Systems*. — 2005. — V. 21. — P. 633—664.

### **1.6 ГІС – реальний інструмент муніципального управління**

Найбільш загальною інформацією, що дає змогу комплексно вирішувати економічні, політичні, соціальні та природоохоронні завдання, пов'язані з територією, є географічна. Усі завдання, які стосуються управління містом так чи інакше пов'язані з місцем розташування об'єктів, суб'єктів або подій на цій

території. За оцінками експертів, до 90 % усієї інформації має різні географічні посилання.

Під час розв'язання прикладних міських завдань за допомогою геоінформаційних технологій, виникають певні суперечності. Коло традиційних завдань, вирішуваних із використанням ГІС у межах окремих відомств, дуже широке. Такі ГІС-проекти стрімко розкривають широкі можливості нових інформаційних технологій. Доводиться, однак, мати справу зі слабкими та вузькоспрямованими застарілими організаційними схемами управління міським господарством, а також із неефективними підходами до вироблення перспективних рішень щодо розвитку міста. Усе більш очевидним стає розрив між можливостями нових технологій і старих методів управління.

ГІС, становлячи потужний засіб інтеграції різнотипних даних, вимагають розвитку тісних інформаційних зв'язків між міськими службами, координації зусиль, вироблення єдиної, розумної, відкритої інформаційної політики в місті.

Ідеться про те, що настає час, коли потрібно переходити до політики активного формування нового геоінформаційного середовища, інтенсивного проникнення геоінформаційного складника в системи підтримки прийняття, управління та інтеграції рішень.

Як влучно висловився Б. Беррі, місто — це система в системі міст. Отже, місто можна досліджувати на різних системних рівнях й у різних аспектах.

Із метою ефективного управління ресурсами, планування розвитку й оперативного керування всіма сферами життя міста виникає нагальна потреба організувати систему збирання, зберігання, оброблення та застосування інформації для вироблення управлінських рішень — створення окремого депозитарію інформації про географічні об'єкти міста.

Споконвіку головним об'єктом і джерелом інформації були дані земельного кадастру, ведення якого ґрунтується на топографії. Картографічні дані інтенсивно конвертувалися в електронний вигляд шляхом векторизації. Під час введення цих даних одночасно накопичувався великий обсяг географічної (топографічної) інформації, безпосередньо не пов'язаної із земельним кадастром, що до того ж давала змогу визначати цінність землі, будівель, комунікацій тощо. Поступово кадастрове призначення географічних даних змінилося, а під час виконання різних міських ГІС-проектів відбувається нагромадження нових географічних даних.

Підтримка інформації в актуальному стані здійснюється шляхом створення системи відносин між суб'єктами, які займаються плануванням, будівництвом і проведенням різних вимірювань на місцевості (геодезичних, фотограмметричних, дистанційного зондування, моніторингу).

Оброблення інформації здійснюється за допомогою сучасних засобів та методик вирішення завдань у різних прикладних галузях. Міськомзем і «БТІ»,

зі свого боку, можуть подавати результати у вигляді, придатному для використання під час прийняття управлінських рішень на різних спеціалізованих підприємствах і службах (електронні й паперові карти, системи інформаційно-довідкового характеру тощо). Технологія ґрунтується на електронній картографії та ГІС. На підприємстві використовується програмне забезпечення фірми ESRI: ArcInfo й ArcView.

У межах завдань економічного управління територією вирішуються такі завдання:

- створення системи автоматизованого міського кадастру, до складу якої входять земельний кадастр, реєстр об'єктів нерухомості й об'єктів міської інфраструктури;
- створення електронних мап міста різного масштабу;
- економічне оцінювання міської території, планування земельного податку та інших платежів за землю, проектування меж зон містобудівної цінності, розрахунок ставок земельного податку тощо;
- проектування й аналіз зон містобудівної цінності, кадастрових районів;
- проектування й аналіз кадастрових кварталів і меж земельних ділянок;
- облік та оцінка всіх об'єктів міської інфраструктури для формування стійкого механізму управління та розвитку міської території.

Окрім того, завдання, пов'язані з оптимальним управлінням такою складною системою, як сучасне місто, мають низку особливостей:

- велика кількість параметрів управління;
- складність завдань управління;
- розмаїтість сфер застосування;
- різномірність завдань управління;
- різномірність вимог до завдань управління;
- наявність неповних, нечітких і суперечливих даних;
- підвищені вимоги до оперативності прийняття управлінських рішень.

Систему управління міською територією можна подати у вигляді багаторівневої системи, кожен рівень якої вирішує свої завдання, діє на базі власних критеріїв відповідно до таких функцій:

- верхній рівень — інтегрований (координаційний, стратегічний);
- середній — оперативного управління;
- нижній рівень — обліковий, експлуатаційний.

На міському рівні застосування ГІС дає змогу ефективно вирішувати завдання в усіх сферах управління містом. Можна запропонувати певну зразкову класифікацію галузей застосування ГІС і розв'язуваних нею прикладних завдань (таблиця 6.1).

Можливості управління визначаються перспективами одержання достовірної інформації про стан кожного компонента та наявністю механізмів оперативного впливу на ситуацію.

Таблиця 6.1

Сфери застосування	Завдання аналізу та управління	Приклади ГІС-проектів
1	2	3
Містобудування	Земля й нерухомість; комунальне господарство; транспорт	- Кадастри землі й нерухомості; - аналіз податків і орендної плати за нерухомість; - управління інженерними мережами та комунікаціями
Адміністративне управління	Адміністративно-територіальний поділ; виборча система	Зонування адміністративних меж міст, органів територіального самоврядування, виборчих округів
Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища	Контроль за забрудненням навколишнього середовища; збереження зелених насаджень та заповідних природних територій	Аналіз джерел забруднення, планування меж санітарно-захисних зон, меж охоронних природних зон
Охорона здоров'я, культура і спорт	Планування роботи міської системи охорони здоров'я, культури та спорту; формування зон обслуговування	Аналіз забезпеченості районів міста об'єктами охорони здоров'я

Прикладом застосування ГІС на міському рівні є створена на кафедрі геоінформаційних систем і геодезії ХНУМГ ім. О. М. Бекетова автоматизована система інтегрального грошового оцінювання землі міста Харкова. Геоінформаційна система розроблена на базі поширеного програмних продуктів фірми ESRI (Інститут дослідження навколишнього середовища) – ArcView GIS v. 3.1., ArcView Spatial Analyst, ArcView 3D Analyst, які дали змогу створити електронну просторову 3D-модель інтегральної оцінки землі міста. Для побудови розглянутої моделі були інтегровані значні обсяги різнопланових міських даних, вирішене завдання структуризації території міста з виділенням певних оцінних районів, реалізовані обчислювальні процедури й операції просторового аналізу, створено п'ять цифрових моделей економічних зон і 19 цифрових моделей впливу приватних показників на інтегральну оцінку землі міста. Засобами ArcView 3D Analyst розроблена TIN-модель і 3D-модель

інтегральної грошової оцінки землі. Розроблені моделі дають змогу:

- обчислювати грошову оцінку землі одночасно для всіх ділянок землі міста;
- забезпечити високу ефективність інформаційного забезпечення управління земельними ресурсами міста;
- швидко ідентифікувати грошову оцінку землі в обраному місці або у виділеній ділянці для прийняття управлінських рішень;
- виконувати аналіз розподілу вартості земель як для міста, так і для окремих районів міста;
- установлювати зони вартості землі з огляду на всі окремі фактори з метою використання вартості землі під час прийняття містобудівних рішень, зокрема під час розроблення генерального плану розвитку міста.

В усьому світі впровадження ГІС у практику реального управління економічними, політичними та суспільними процесами в суспільстві є доконаним фактом. Усвідомлення потреби у створенні інтегрованих інформаційних систем керування містом на базі ГІС, пов'язаних із усіма сферами діяльності, перетворюється на першочергове завдання в містах, орієнтованих на комплексний розвиток. У таких умовах важливим фактором успішної роботи є комплексне використання створеної інформації в роботі різних відомств і служб міста.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дядюн В. Ю. Полный комплекс средств построения ГИС ArcGIS компании ESRI, Inc. Материалы ГИС – форума - 2000.- С. 161-170.
2. Кузнецова В. В. Основные проектные решения по созданию автоматизированной системы земельного кадастра. — Ялта. ESRI, 2001. — 6 с.
3. Складов А. В. Роль и место геоинформационных технологий в задачах административно-экономического управления городом // Проблемы муниципального управления и современные технологии автоматизации объектов городской инфраструктуры : матер. I рег. конф. Таганрог, 2000. — С. 65—73.

## 1.7 Моделювання руху пішоходів у міських умовах

Неможливо ефективно спланувати транспортний вузол або масовий захід, у міських умовах без знання поведінки пішоходів. Це складний феномен, тому потрібно використовувати імітаційне моделювання під час планування заходів і об'єктів з високою щільністю пішоходів та обмеженим простором для оптимізації їхнього потоку і гарантованого запобігання тисняви у випадку паніки.

Відносно новим напрямом в імітаційному моделюванні є агентне (мультіагентне) моделювання («agent-based modeling»), що має певні особливості. Агентна модель — це реальний світ у вигляді багатьох окремих активних підсистем, які називаються агентами. Кожен агент взаємодіє з іншими, що утворюють для нього зовнішнє середовище, і у процесі функціонування може змінити як зовнішнє середовище, так і свою поведінку.

Рух пішоходів у міських умовах не менш складний, ніж рух потоку автомобілів. Пішоходи більш гнучкі, ніж автомобілі, і вони не мають «правил дорожнього руху». Для опису потоку пішоходів у місті зазвичай використовують регресійні моделі [2]. Вони, однак, не дають змоги подати такі явища, як взаємодія між пішоходами під час руху і їхня реакція на об'єкти міської інфраструктури.

Агентним моделюванням трафіка пішоходів займаються дослідники з кінця 70-х років, а останнім часом увага науковців до цього питання постійно посилюється. У роботах [3,4] були запропоновані головні поведінкові принципи, якими керуються пішохідні агенти під час руху в міському середовищі:

- шлях агента-пішохода (об'єкта) близький до найкоротшого, який з'єднує точки початку та кінця руху;
- агенти-пішоходи уникають зіткнення з нерухомими перешкодами (об'єктами міського середовища);
- агенти-пішоходи уникають різкої та швидкої зміни напрямку руху;
- агенти-пішоходи здебільшого ходять обабіч дороги (тротуарами) та не наближаються до стін впритул.

Головна вимога, що ставиться до будь-якої формалізації пішохідної поведінки, — змусити агентів уникнути зіткнень, які трапляються в реальному житті. У роботі [4] вводиться поняття «сила відштовхування між пішоходами», що виникає в разі наближення пішоходів-агентів. Функція, що

використовується для визначення сили відштовхування доволі проста та має вигляд:

$$\Theta = 1 / ( (D - 0,4)^2 + 0,015 ), \quad (7.1)$$

де  $D$  – дистанція, що розділяє агентів-пішоходів, м;

0,4 – діаметр, що визначає мінімальну відстань між пішоходами- агентами;

0,015 – константа, що дає змогу уникнути постійного зростання сили відштовхування  $\Theta$ .

На рис. 7.1 зображена модель процесу зіткнення двох пішоходів у часі, який складається з чотирьох головних факторів:

- пішохідний агент  $A$  рухається в потрібному напрямку (у напрямку до наступної контрольної точки) з бажаною швидкістю  $v$ ;

- будинки, стіни, вулиці та інші перешкоди заважають руху пішохідних агентів;

- інші пішоходи-агенти впливають на рух пішохода через силу відштовхування.

На підставі цієї моделі побудований двоспрямований потік пішоходів-агентів, які рухаються по вулиці. У моделі передбачається два режими. Якщо доріжка заповнена випадковими переходами, то пішоходи об'єднуються в єдиний потік у певному напрямку (наприклад праворуч). Таким чином, утворюються дві групи пішоходів: ті, що рухаються в суміжних напрямках, та різними смугами руху. Інший варіант передбачає менш організованих пішоходів. Одним із прикладів є хаотичний рух, під час якого пішоходи рухаються крізь натовп, не утворюючи окремих смуг руху спрямованого потоку пішоходів.

На рис. 7.2 наведена блок-діаграма взаємодії даних і процесів під час моделювання руху пішоходів у міських умовах, яка відображає інтеграцію моделі руху пішоходів у міських умовах із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС). Розроблений міський геоінформаційний простір дає змогу розміщувати пішоходів-агентів у геопросторовому середовищі, заданому у вигляді бази геоданих.

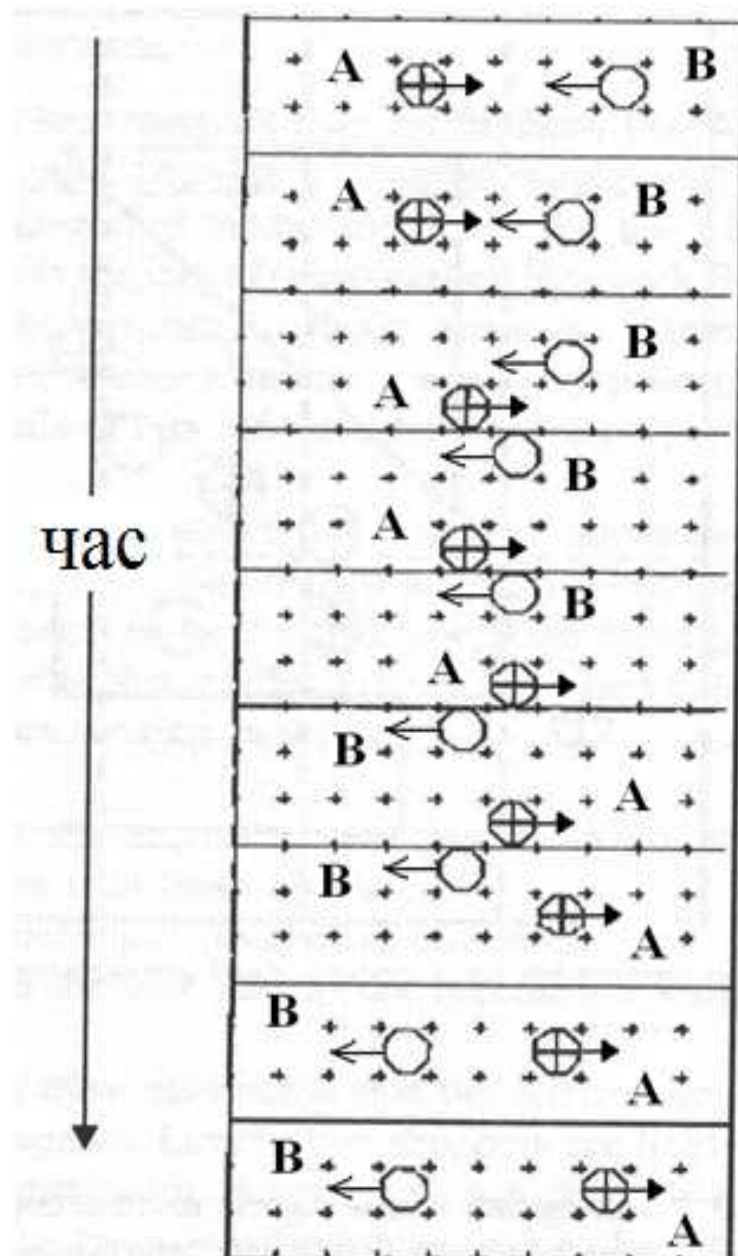


Рис. 7.1 – Модель процесу зіткнення пішоходів-агентів

До структури бази геоданих належать шари будинків і їхні атрибути, вулично-дорожня мережа, точки паркування, транспортні вузли, соціо-економічні дані (щільність населення). Інтеграція моделі руху пішоходів із міським геоінформаційним простором уможливорює одержання інформації про поточне місце розташування об'єктів, про переміщення пішоходів-агентів з поточного місця розташування на нове із заданою швидкістю, про виконання анімації агентів (статичної або рухомої), про установлення зв'язків між агентами залежно від їхнього розташування.



На рис. 7.3 наведено фрагмент міського геоінформаційного простору (транспортний вузол), поданий у моделі руху пішоходів у вигляді бази геоданих. Транспортний вузол містить зупинки метро, головні зупинки маршрутних автобусів та електротранспорту, з'єднані основними напрямками руху пішоходів-агентів.

Для моделювання трафіка пішоходів-агентів на кафедрі геоінформаційних систем і геодезії ХНУМГ ім. О. М. Бекетова об'єктно-орієнтованою мовою в середовищі Visual Studio 2005 розроблена програма. Обмін геопросторовими даними між середовищем моделювання та базою геоданих реалізований у форматі XML. Програма дає змогу створювати та проводити експерименти на базі агентного моделювання руху пішоходів у міських умовах. Вона має експериментально-науковий характер і тому не задовольняє критеріям комерційного програмного забезпечення.

Існує значна кількість комерційних програм для моделювання потоків пішоходів, таких як Vissim, SimWalk, Anylogic і т. д. Незважаючи на переваги цих програм порівняно з вітчизняними, потрібно відзначити, що під час розроблення власної моделі з «нуля» виконавець одержує повний контроль як над моделлю, так і над проведенням експериментів, особисто визначає подальші напрями розвитку, закладає базу подальших можливих комерційних розробок, виключає залежність від будь-якої компанії.

Розроблено програмне середовище для створення, модифікації, виконання та налагодження в імітаційній моделі потоків пішоходів на базі агентного моделювання. Створено графічний інтерфейс користувача, що дає змогу легко здійснювати операції з моделлю. Інтеграція за допомогою ГІС уможливорює безпосереднє спостереження за рухом пішоходів і подіями.

Отримана імітаційна модель може становити практичну цінність для вчених та інженерів, зацікавлених у моделюванні руху пішоходів. Вона допомагає досліджувати й аналізувати міське середовище з метою прогнозування поведінки пішоходів під час проведення масових заходів і на транспортних вузлах.

Наразі проводяться роботи з дороблювання та удосконалення програмного продукту з метою перетворення його на діючий макет із адаптацією до різних предметних галузей, у яких застосовуються рухомі в часі та просторі об'єкти і процеси.

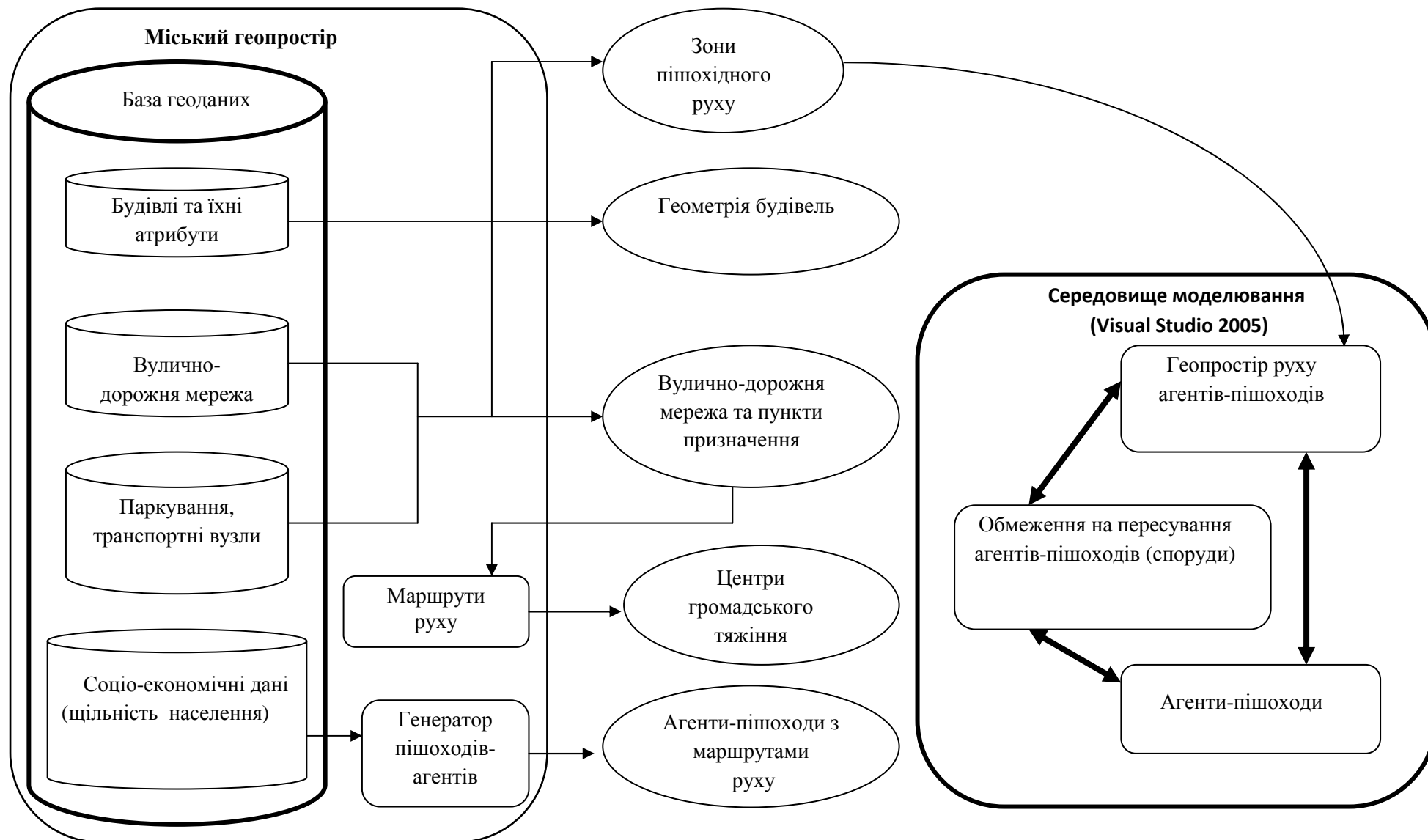


Рис. 7.2 — Блок-діаграма взаємодії даних і процесів для моделювання руху пішоходів у міських умовах

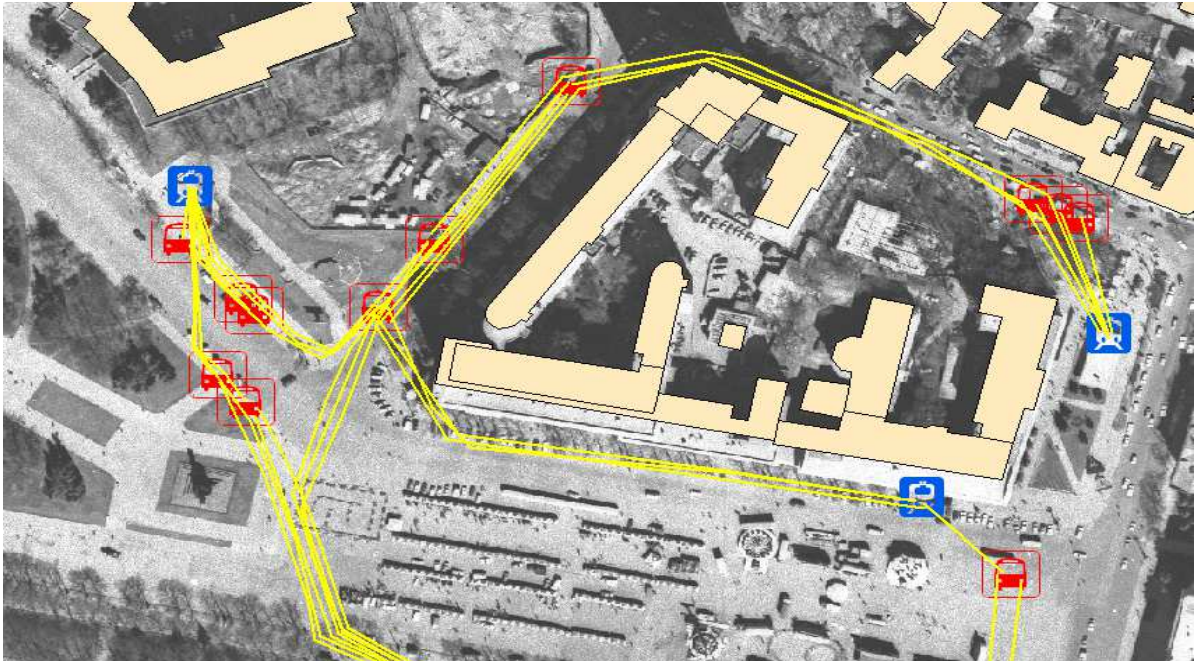


Рис. 7.3 — Фрагмент міського геоінформаційного простору  
(транспортний вузол)

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование на AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов // БХВ Петербург, 2006. — 400 с.
2. Torrens, P.M. «Building mega-models for megacities». In Complexity and Planning: Systems, Assemblages and Simulations, De Roo, Gert; Hiller, Jean; and Van Wezemael, Joris (Eds.). Farnham: Ashgate, PP. 409-427
3. Benenson, I. & Torrens, P.M. «A minimal prototype for integrating GIS and geographic simulation through Geographic Automata Systems». In GeoDynamics, P. Atkinson, G. Foody, S. Darby, F. Wu (Eds.) Florida: CRC Press, PP. 347-369

### 1.8 Оптимізація зон і мереж обслуговування доріг засобами ГІС-аналізу

За дорученням виконкому Харківської міської ради ХНУМГ ім. О. М. Бекетова виконує роботи зі створення комплексної транспортної схеми міста Харкова. Створюються та оновлюються електронні моделі вулично-дорожньої та маршрутної мереж міського пасажирського транспорту. Виконано просторовий аналіз транспортних потоків у місті Харкові на підставі даних дистанційного зондування Землі, що дають змогу одержувати об'єктивну й точну інформацію про транспортний комплекс, коректувати дані наземних

обстежень. Проводиться розроблення рішень щодо компонентів комплексної транспортної схеми: перехрестя та розв'язки доріг, реконструкція проїжджої частини вулиць, пробивання вулиць, паркінги, організація паркування, стоянки, організація руху, маршрутизація.

У межах розроблення комплексної транспортної схеми міста Харкова виконані дослідження в галузі організації обслуговування дорожнього господарства та раціонального розподілу територій обслуговування між шляхоексплуатаційними підприємствами. За обмеженості ресурсів, зумовленої недостатністю бюджетних коштів, які спрямовуються на ремонт та експлуатацію вулично-дорожньої мережі (ВДМ), завдання інтенсифікації виробництва через виявлення та використання резервів є актуальним і важливим.

Із метою проведення ремонтних робіт вулично-дорожня мережа міста розподілена між комунальними шляхоексплуатаційними підприємствами (ШЕП) дев'ятох адміністративних районів (рис. 8.1). Якщо межами суміжних адміністративних районів є вісі вулиць, приймається відповідне рішення, яке усуває неоднозначність у закріпленні цієї ділянки вулиці.

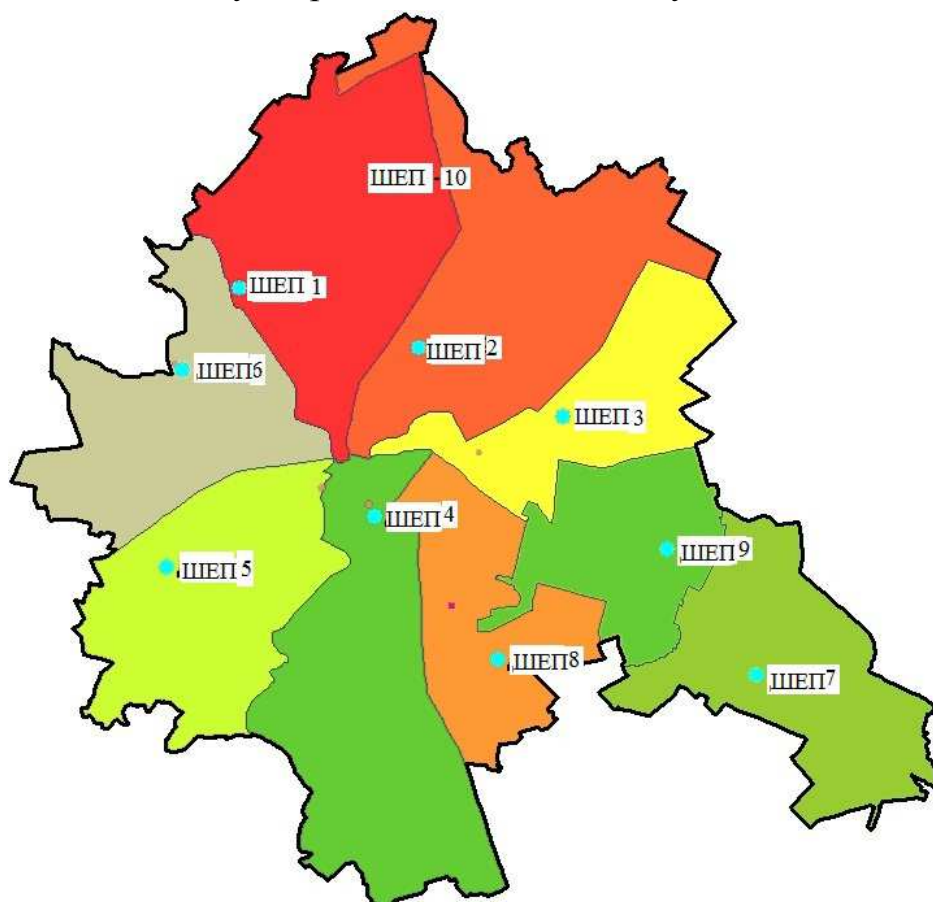


Рис. 8.1 — Наявні зони обслуговування ШЕП у межах адміністративних районів міста Харкова

Аналіз наявного закріплення ВДМ за ШЕП виконано за критерієм наближеності території обслуговування до місця розташування бази спеціальної дорожньої техніки. Із цією метою засобами Network Analyst побудовано зони та мережі обслуговування шляхоексплуатаційними підприємствами за реальними маршрутами.

Табличний аналіз наявного закріплення ВДМ за ШЕП виконано за такими параметрами: загальна довжина ВДМ закріпленої за ШЕП, довжина ВДМ із удосконаленим капітальним покриттям, довжина магістралей загальноміського значення, довжина магістралей районного значення, довжина вулиць і доріг місцевого значення, відрізки довжини категорій ВДМ, закріпленої за ШЕП.

Розгляд наявної ситуації, дає змогу виявити недоліки в закріпленні вулично-дорожньої мережі за комунальними шляхоексплуатаційними підприємствами:

- неефективність закріплення вулично-дорожньої мережі за дорожніми підприємствами з використанням поздовжніх осьових мереж вулиць;
- неефективне розміщення баз спеціальної дорожньої техніки ШЕП на території адміністративного району, що призводить до більшого покриття зон обслуговування вулично-дорожньої мережі за реальними шляхами, до появи значної кількості вільних під'їздів для збиральної техніки до виділених до появи об'єктів, до непродуктивних витрат;
- поплутання ремонтних та експлуатаційних функцій дорожніх підприємств.

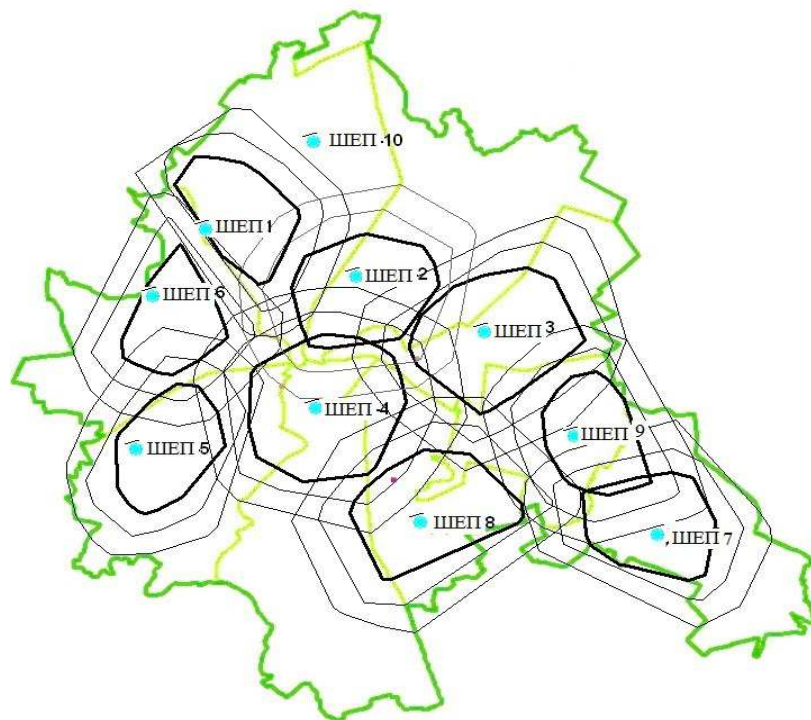


Рис. 8.2 — Зони обслуговування ШЕП за реальними маршрутами на 3 км, 4 км, 5 км



Щоб одержати рішення щодо оптимізації мереж обслуговування доріг комунальними шляхоексплуатаційними підприємствами м. Харкова, використано засоби ГІС-аналізу. У зв'язку з потребою в передислокації баз спеціальної дорожньої техніки в сучасних умовах подальше вирішення проблеми спирається на наявне місце розташування баз ШЕП.

Оптимальні мережі обслуговування доріг комунальними шляхоексплуатаційними підприємствами м. Харкова визначені внаслідок виконання низки етапів:

1) моделювання зон обслуговування ШЕП, які майже зустрічаються або мають мінімальну площу взаємного покриття, побудованих від ШЕП за реальними маршрутами на 3,5 км;

2) створення полігонів Тіссена (Thiessen) щодо місць розташування баз спеціальної дорожньої техніки (рис. 8.3) засобами Spatial Analyst [2];

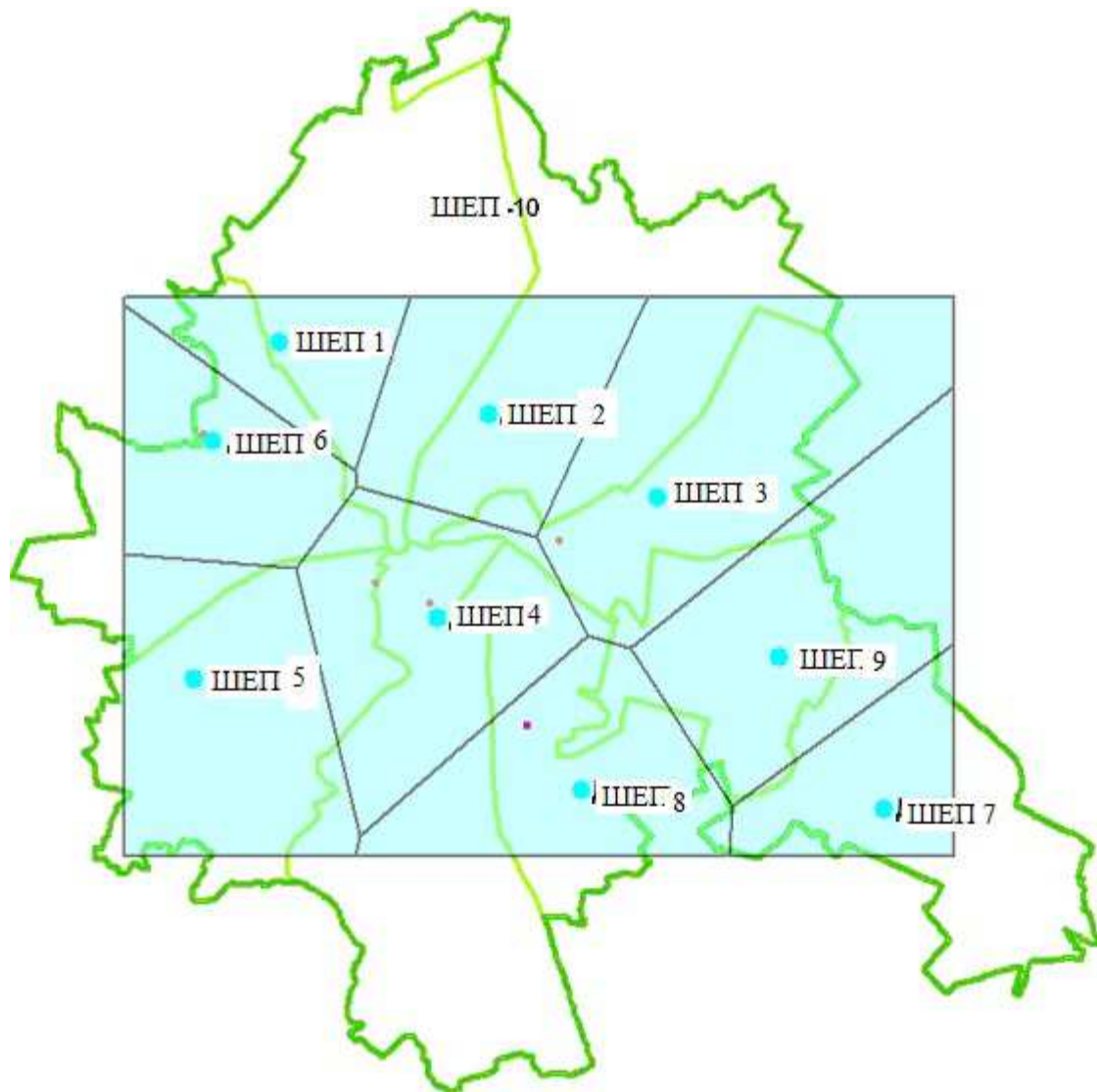


Рис. 8.3 — Полігони Тіссена

3) визначення зон наближення (Assign Proximity) до зон обслуговування, побудованих від ШЕП за реальними маршрутами на 3,5 км (рис. 8.4);

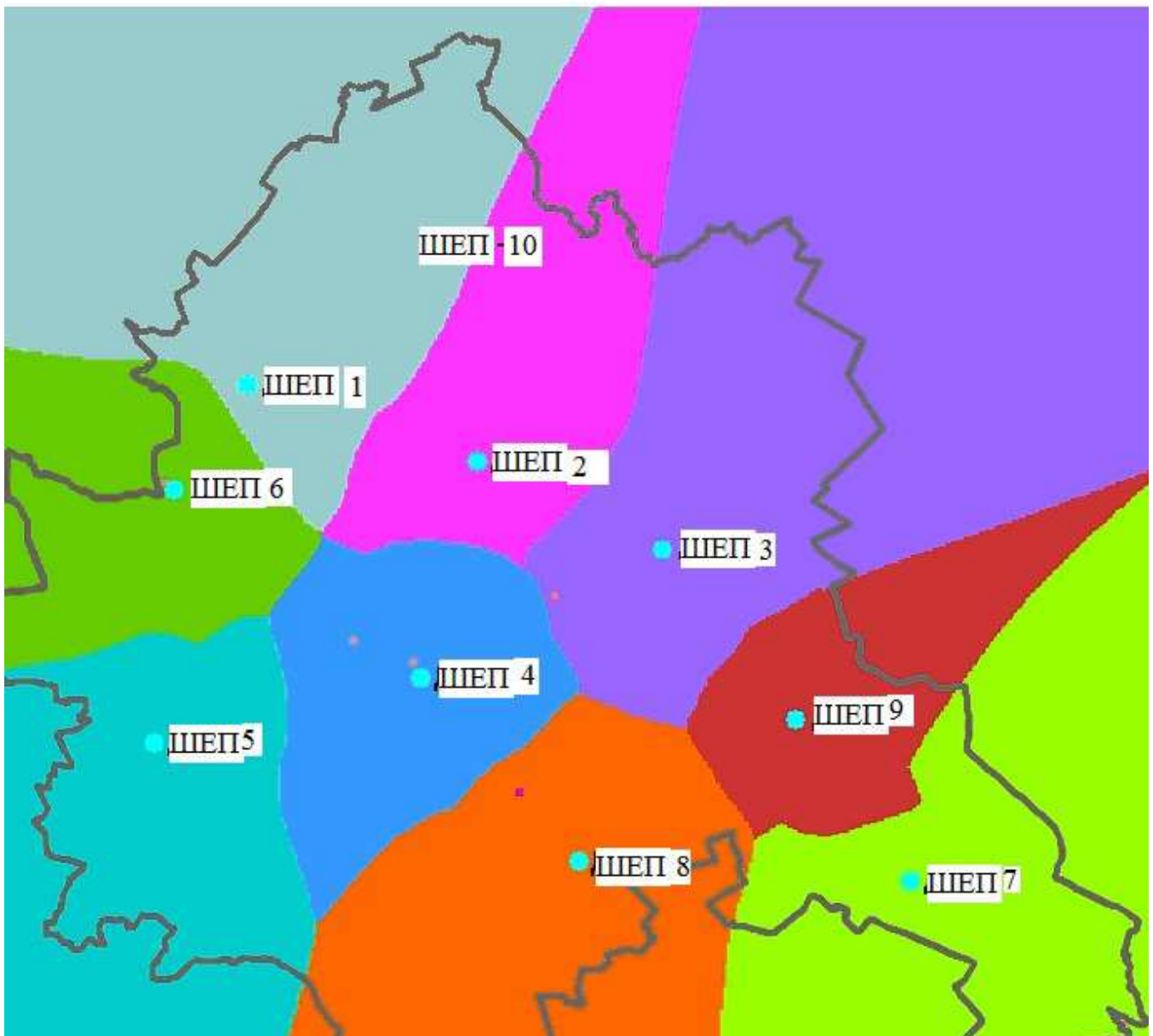


Рис. 8.4 — Зони наближення

4) графічне накладання на граф ВДМ зон наближення, полігонів Тіссена та зон обслуговування, побудованих від ШЕП за реальними маршрутами на 3,5 км;

5) інтерактивна побудова зон обслуговування доріг ШЕП;

6) геометричне накладання зон обслуговування на граф ВДМ і визначення вулично-дорожньої мережі кожного ШЕП (рис. 8.5).

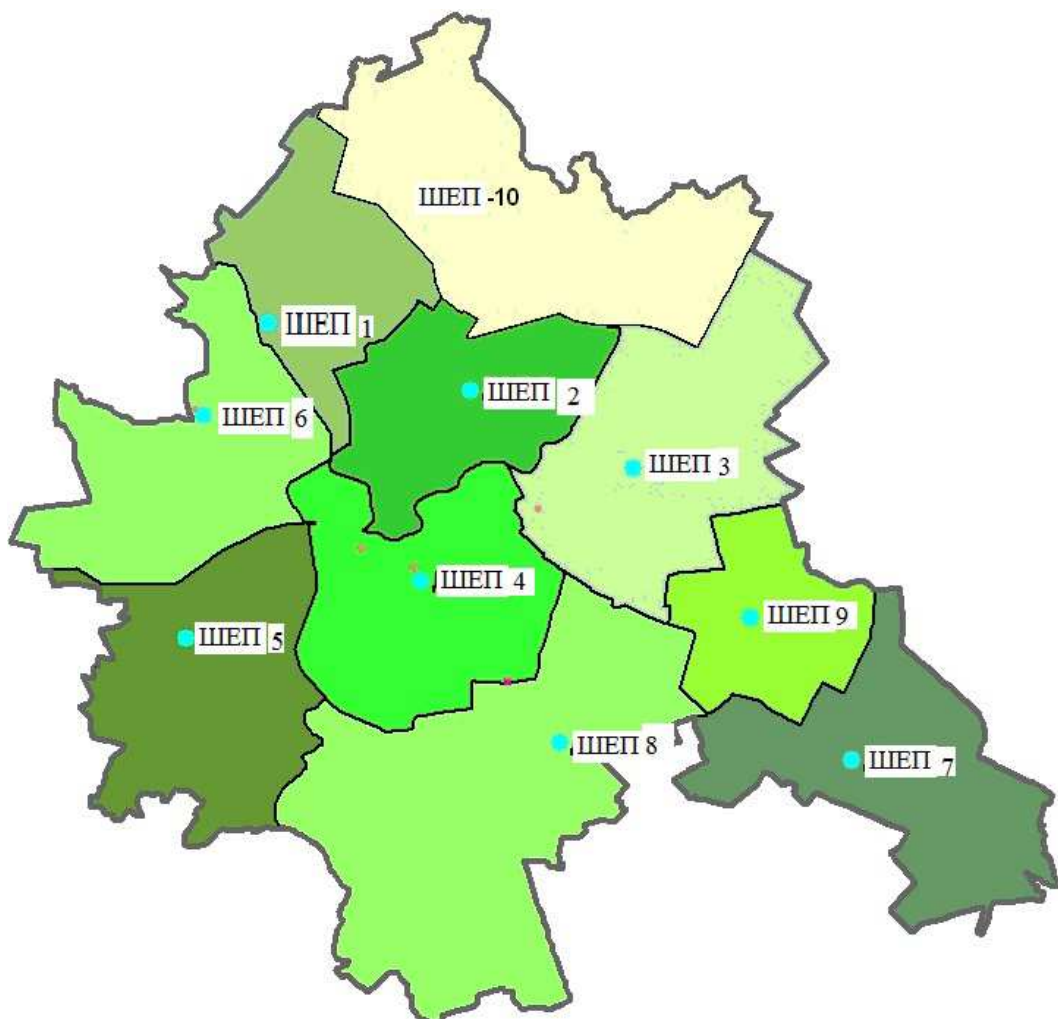


Рис. 8.5 — Оптимізовані зони обслуговування ШЕП

Унаслідок виконання операцій із ГІС-аналізу побудовано вулично-дорожню мережі обслуговування ШЕП, оптимізовані щодо місць розташування баз спеціальної дорожньої техніки.

Дані для порівняння наявної та оптимізованої структур вулично-дорожньої мережі обслуговування ШЕП наведено в таблиці 8.1.

На ґрунті ГІС-аналізу вулично-дорожньої мережі міста та розміщення баз спеціальної дорожньої техніки ШЕП побудовано оптимізовану структуру вулично-дорожньої мережі обслуговування шляхоексплуатаційними підприємствами, яка:

- підвищує в 1,2—1,5 рази ефективність використання парку збиральних машин завдяки компактній структурі зон обслуговування;
- мінімізує обсяг переміщень збиральних машин по реальних шляхах, зокрема кількість незапланованих заїздів;



— вносить ясність у закріплення вулично-дорожньої мережі за ШЕП за допомогою чітких мереж розподілу вулиць, замість наявного поздовжнього розподілу вулиць;

— пропонує створити базу спеціальної дорожньої техніки ШЕП 10, що зможе значно перебрати навантаження з обслуговування вулично-дорожньої мережі (більш ніж на 5 км), на відміну від наявних баз спеціальної техніки в районі північної частини м. Харкова;

— не вимагає закріплення зон відповідальності за адміністративними районами.

Таблиця 8.1 — Дані наявної та оптимізованої структур вулично-дорожньої мережі обслуговування ШЕП

Наявна структура					
dep	uds, km	snet 3,5 km	%	snet 5,0 km	%
1	198,210	98,165	49,5 %	163,480	82,5 %
2	285,194	108,612	38,1 %	159,970	56,1 %
3	153,745	103,658	67,4 %	142,730	92,8 %
4	237,327	90,977	38,3 %	123,527	52,0 %
5	267,437	92,670	34,7 %	190,765	71,3 %
6	227,321	115,431	50,8 %	204,929	90,1 %
7	184,049	108,609	59,0 %	165,256	89,8 %
8	138,790	86,322	62,2 %	108,820	78,4 %
9	186,183	81,058	43,5 %	163,394	87,8 %
10	136,544	81,464	62,2 %	108,820	78,4 %
Середнє			49,3 %		77,9 %

Продовження таблиці 8.1

Оптимізована структура					
dep	uds, km	Snet 3,5 km	%	Snet 5,0 km	%
1	121,113	93,101	76,9 %	117,332	96,9 %
2	182,577	137,989	75,6 %	182,577	100,0 %
3	233,917	175,080	74,8 %	215,959	92,3 %
4	237,469	196,567	82,8 %	237,469	100,0 %
5	227,028	95,107	41,9 %	190,723	84,0 %
6	196,224	115,192	58,7 %	187,532	95,6 %
7	191,441	105,509	55,1 %	172,566	90,1 %
8	244,772	121,786	49,8 %	177,263	72,4 %
9	104,783	86,010	82,1 %	104,783	100,0 %
10	136,544	81,464	59,7 %	118,842	87,0 %
Середнє			73,0 %		91,8 %
Збільшення			1,5		1,2

Визначення атрибутів в таблиці 8.1:

uds, km — загальна довжина ВДМ, км;

snet 3,5 km — довжина вулично-дорожньої мережі обслуговування в межах 3,5 km від баз спеціальної дорожньої техніки ШЕП;

snet 5,0 km — довжина вулично-дорожньої мережі обслуговування в межах 5,0 km від баз спеціальної дорожньої техніки ШЕП.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ArcGIS Network Analyst Tutorial . – ESRI, 2005. — 38 p.
2. Using ArcGIS Spatial Analyst. – ESRI, 2002. — 238 p.

## **1.9 Розподіл щільності автотранспортних засобів за результатами аерофотознімків**

В останні роки у зв'язку з інтенсивним зростанням парку автотранспортних засобів різко загострилися транспортні проблеми в містах. Дорожні затори, повзучий рух, порушення графіка руху пасажирського міського транспорту та інші явища наразі видаються буденними речами.

Комплексне вдосконалення транспортної інфраструктури — кошовний та довгостроковий захід, що потребує прийняття обґрунтованих і перевірених рішень. Із огляду на це суттєво підвищується роль ефективних методів просторового аналізу транспортних потоків, а також інструментів його реалізації.

У м. Харкові головними причинами загострення транспортних проблем є такі:

- зростаючий рівень автомобілізації населення за майже незмінної транспортної мережі;
- мала питома щільність магістральних вулиць і нерозвиненість мережі місцевих вулиць;
- низька пропускна здатність вулиць і перехресть;
- об'єднаний рух громадського пасажирського, легкового й вантажного транспорту;
- відсутність системи забезпечення паркування в місті.

Із метою вживання ефективних першочергових заходів для поліпшення транспортного сполучення в Харкові розробляється комплексна транспортна схема (КТС) міста. Підґрунтям удосконалення КТС є актуальна вихідна інформація.

Традиційні методи моделювання транспортних потоків спираються на локальні точкові обстеження в окремих розподільних місцях вулично-дорожньої мережі. Сучасні методи, що ґрунтуються на системах різних наземних давачів, підвищують надійність створюваних за ними моделей. Наявний досвід застосування аерокосмічного моніторингу транспортної ситуації свідчить про його високу ефективність.

У м. Харкові вихідну інформацію для розроблення КТС отримано з ортофотоплану, створеного за матеріалами аерофотознімання у 2004 р. з метою актуалізації топографічного плану масштабу 1:2000. Роботи зі складання КТС виконувалися в середовищі ArcGIS Desktop.

На підставі ортофотоплану створено векторний лінійний шар автотранспорту всього міста (рис. 9.1). Усього лінійний шар автотранспортних засобів налічує близько 83 тис. об'єктів. Це дало змогу визначити довжину та напрямок руху транспортних засобів. Так, середня довжина транспортного засобу склала 4,27 м, частка подібних машин — 38,6%.

Лінійний шар автотранспортних засобів дав змогу побудувати ґриди щільності дешифрованих транспортних засобів для всієї території міста в кількох варіантах. Ґрид щільності розподілу транспортних засобів уможливорює:

- одержання узагальненої картини розподілу всього транспорту загалом як рухомого, так і нерухомого, на всій території міста;
- виділення місць зосередження транспорту, у яких створюються конфліктні ситуації, зокрема на підставі візуального оцінювання ґрида;
- оцінювання обсягів рухомого транспорту;
- отримання похідних характеристик транспортних потоків за допомогою інструментів просторового аналізу.

Ґрид щільності розподілу транспортних засобів (рис. 9.2) дав змогу виділити в місті Харкові три аномальні зони:

- 1) у центральній частині міста,
- 2) поблизу ринку на станції метро «Академіка Барабашова»,
- 3) поблизу ринку на станції метро «Героїв праці».

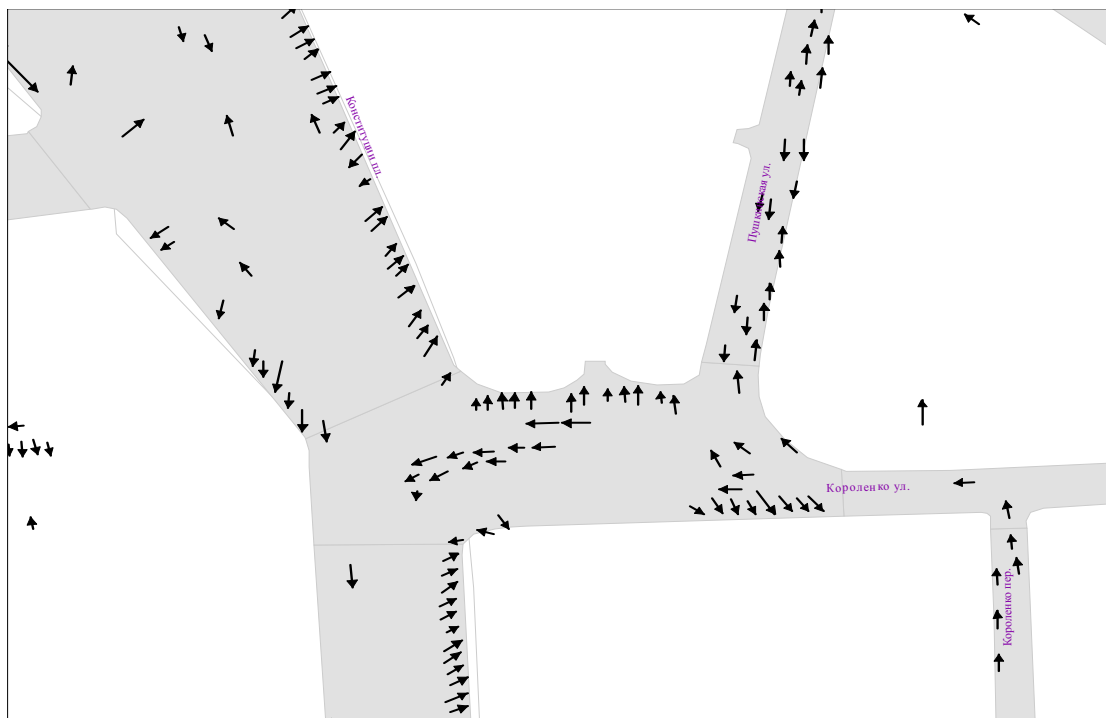


Рис. 9.1 – Лінійний шар автотранспортних засобів

На підставі ґріда щільності побудовано зони щільності автотранспорту на 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 машин/км<sup>2</sup> (рис. 9.2) на території міста Харкова.

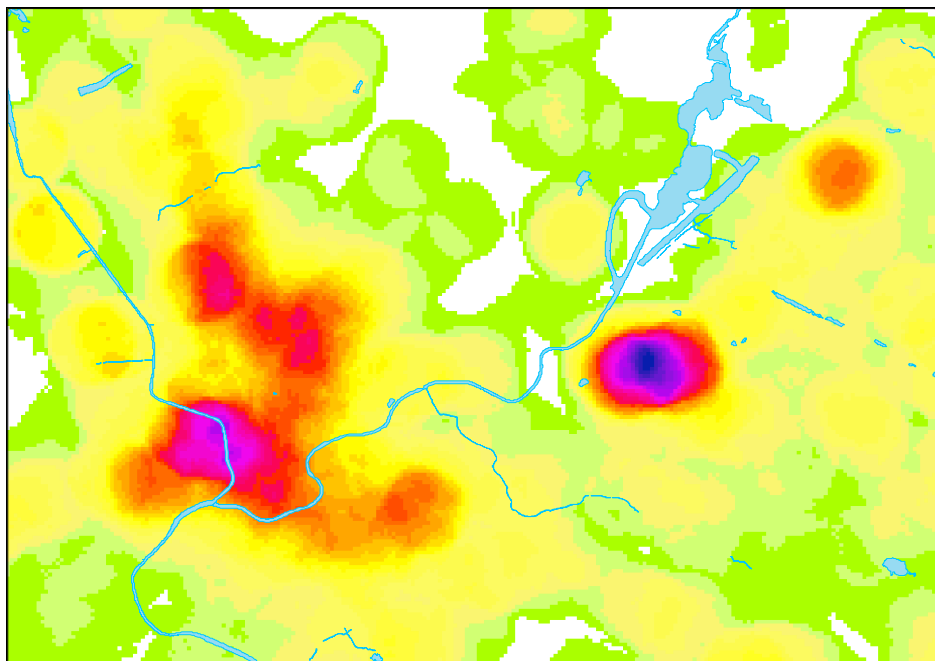


Рис. 9.2 — Модель розподілу щільності автотранспортних засобів територією міста Харкова

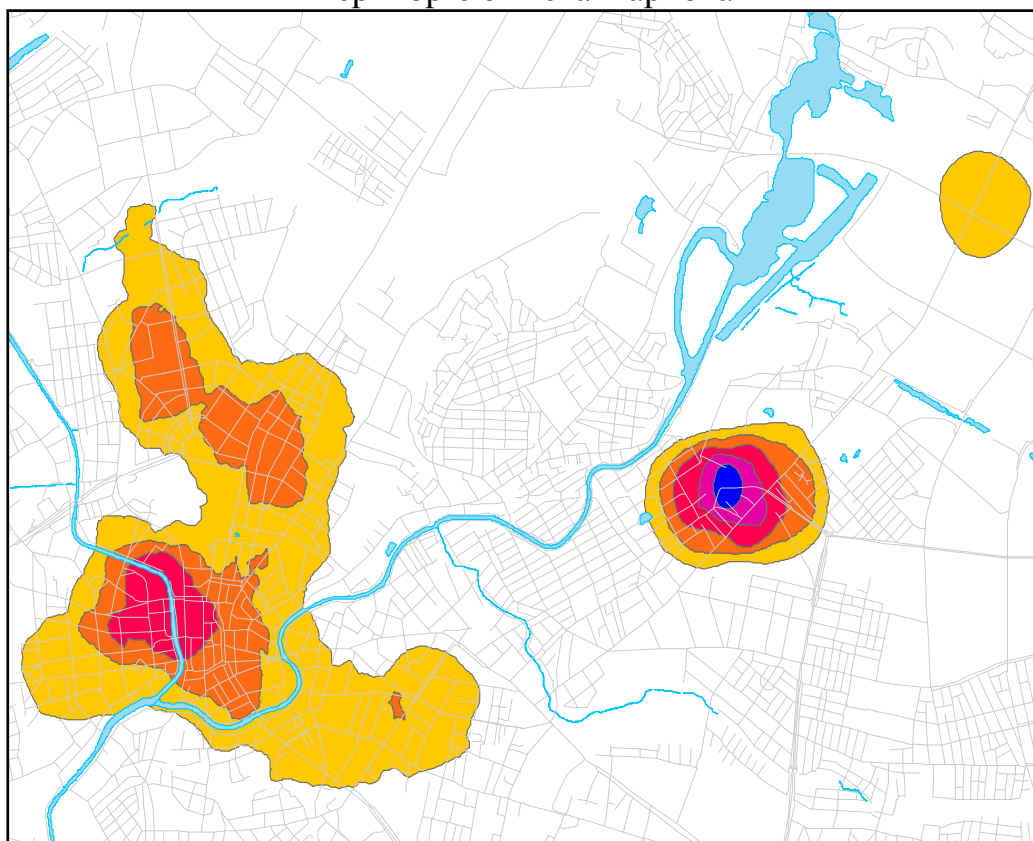


Рис. 9.3 — Зони аномалій щільності автотранспорту

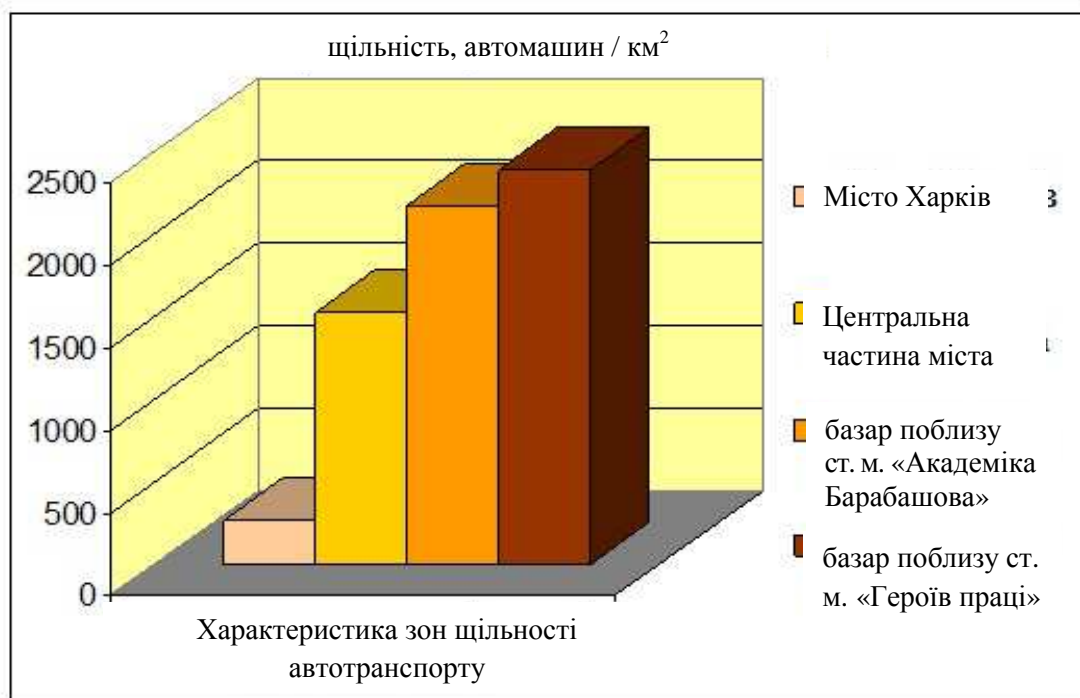


Рис. 9.4 — Характеристика аномальних зон щільності автотранспортних засобів

Аналіз зон щільності автотранспорту засвідчив, що вдень на 4 % території міста зосереджено 25 % транспортного парку міста.

Із метою вирішення транспортних, містобудівних, екологічних та інших завдань, а також розв'язання проблем управління земельними ресурсами застосовується класифікація ВДМ. Вона, швидше за все, належить до проектної класифікації й не відповідає реальному стану справ. На підставі моделі розподілу автотранспорту виділено ту частину транспорту, що перебуває на кожному сегменті проїжджої частини вулиць. Це дало змогу класифікувати ВДМ за щільністю потоку транспортних засобів (рис. 9.5).

Аналіз такої інформації уможливлює виділення місць, що вимагають уживання заходів для поліпшення організації руху. Однією з причин появи негативних явищ у дорожньому русі в центральній частині міста є хаотичне паркування машин на проїжджій частині вулиць. Отримані дані розподілу транспортних засобів було використано для одержання низки принципових рішень для поліпшення транспортного сполучення.

Так, серед пропонованих заходів із підвищення ефективності використання наявної проїжджої частини вулиць варто звернути увагу на системну організацію одностороннього руху на вулицях центральної частини міста, а також на використання їхнього правого боку для паркування або певного кута в окремих місцях.

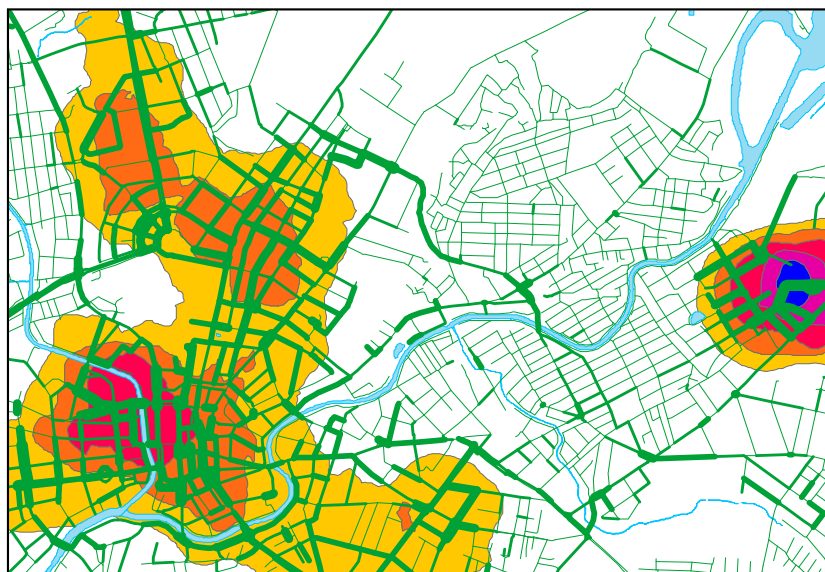


Рис. 9.5 – Класифікація ВДМ за обсягами потоків транспортних засобів (кількість машин на 100 погонних метрів дороги)

Отримані статистичні розміри машин та інтервали між ними під час паркування дали змогу обчислити потенційну кількість машиномісць на кожному сегменті в запропонованому варіанті реорганізації руху.

Таким чином, просторовий аналіз матеріалів аерофотознімання уможливило безпосереднє одержання просторових характеристик транспортної системи міста:

- моделі розподілу транспортних засобів;
- параметри транспортних потоків — щільність потоку, склад потоку (легкові, вантажні транспортні засоби), кількість рухомих та припаркованих машин, ефективна ширина проїжджої частини вулиць;
- парковки та їхнє заповнення;
- конфліктні місця;
- зони гаражної забудови;
- об'єкти тяжіння транспорту (торговельні об'єкти, офіси).

Просторово-часові характеристики дорожнього руху можна одержати на базі аерокосмічного моніторингу території.



Рис. 9.6 — Місткість стоянок на проїжджій частині вулиць у зоні реорганізації руху

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кошкарёв А. В. Геоинформатика / А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунов. — М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. — 213 с.
2. Рекомендации по комплексному применению пакетов прикладных программ в разработке генеральных планов городов / ЦНИИП градостроительства. — М. : Стройиздат, 1989. — 176 с.
3. Зиновьев А. Ю. Визуализация многомерных данных / А. Ю. Зиновьев. — Красноярск, 2000. — 168 с.
4. Kemp L. D. Arc-SDM: Arc-view extension for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural network analysis. <http://ntserv.gis.nrcan.gc.ca/sdm/>.



### **1.10 Тривимірний міський геоінформаційний простір**

Потреба в підвищенні якості сприйняття візуальної інформації про міський простір, у розширенні складу муніципальних завдань, вирішення яких спирається на географічні та інформаційні технології, сьогодні закономірно спричиняє актуалізацію створення тривимірного міського геоінформаційного простору (ТМГП).

Головною метою створення ТМГП є побудова масштабованих тривимірних віртуальних моделей міст, які дають змогу вирішувати широкий спектр завдань, пов'язаних із містобудівною діяльністю:

- планування розвитку міських територій;
- проектування, реконструкція та експлуатація будинків і споруд;
- удосконалення й проектування транспортних систем;
- ведення міського кадастру, ріелторська діяльність.

Крім цього, створення ТМГП дасть змогу вирішити низку прикладних завдань, таких як:

- гарантування безпеки проживання на міській території;
- забезпечення застосування транспортно-навігаційних систем;
- забезпечення моніторингу екологічної обстановки в межах міської території;
- вирішення інформаційно-пошукових завдань;
- формування туристичної й інвестиційної привабливості міської території тощо.

Застосування ТМГП у сфері муніципального керування дасть змогу залучити широке коло потенційних інвесторів, консультантів, експертів, уживання заходів, спрямованих на сталий розвиток міста, а також забезпечити створення сприятливого середовища проживання та підвищити ступінь архітектурної й інвестиційної привабливості міських територій.

Із метою підвищення якості сприйняття ТМГП виконано фотореалістичну візуалізацію міської території. Потреба у фотореалістичному відображенні навколишнього світу збільшує значущість ТМГП. Тривимірна фотореалістична візуалізація міських територій, що передбачає залучення методів комп'ютерної графіки і створення муніципальних тривимірних ГІС, здатна змінити технологію й практику управління містом, міського планування навколишнього середовища, розроблення та ведення проектів.

Створення ТМГП із фотореалістичною візуалізацією вимагає більших зусиль зі збирання вихідної інформації, геометричного моделювання будинків

та споруд і залежить від повноти й точності даних, що подають ландшафт. Під час створення фотореалістичної ТМГП потрібно окремо сформувати моделі поверхні міської території й тривимірних об'єктів, розташованих на ній. Загальну стратегію створення фотореалістичної ТМГП можна представити у вигляді схеми (рис. 10.1).

У межах цієї стратегії виконувалися роботи зі створення експериментальної моделі міського кварталу Харкова.

Геометрію моделі міської території визначає система координат, у якій створена цифрова модель поверхні. Вибір місцевої прямокутної системи координат дає змогу спростити об'єднання моделей місцевості та міських об'єктів, які створюються у прямокутній системі координат.

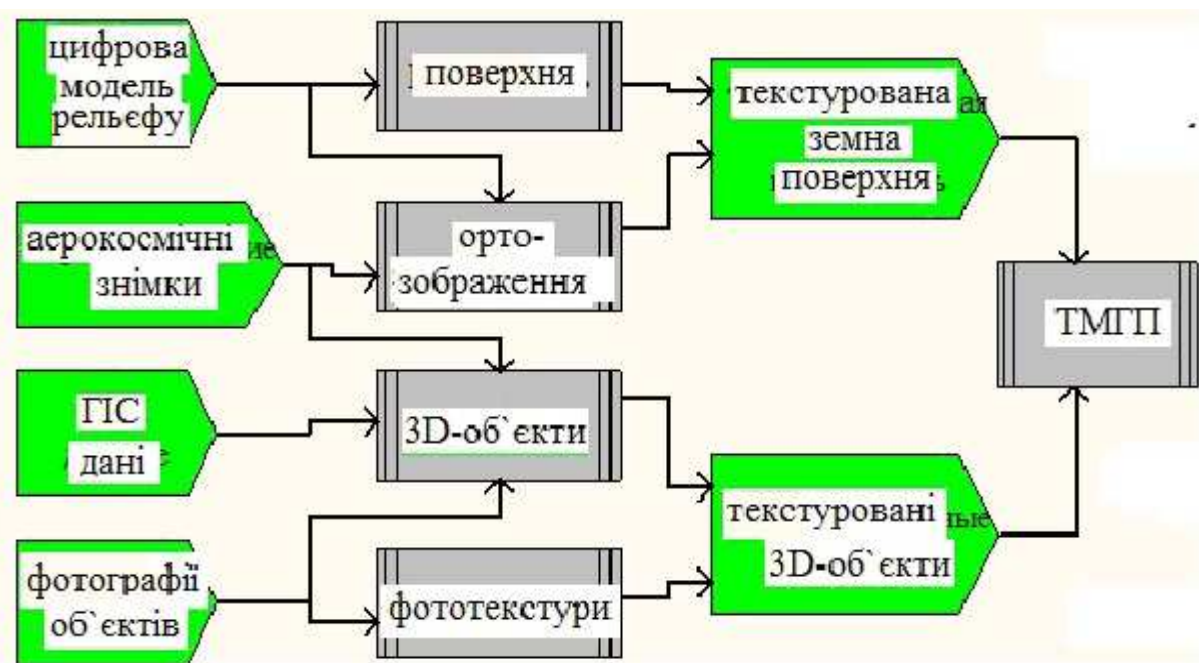


Рис. 10.1 — Схема стратегії створення фотореалістичної моделі ТМГП

Фотореалістична модель міського кварталу Харкова розроблена студентами кафедри геоінформаційних систем і геодезії ХНУМГ ім. О. М. Бекетова під керівництвом В. Д. Шипуліна та І. М. Патракеєва. Водночас було використано унікальну технологію тривимірного картографування, що ґрунтується на сучасних досягненнях у галузі створення геоінформаційних систем.

Головні види побудованої фотореалістичної моделі ТМГП кварталу міста Харкова наведено на рис. 10.2, а, б.

Технологія одержання тривимірних моделей міст базується на даних

аерофотознімання з детальним відтворенням інфраструктури міста. Ця технологія дає змогу унаочнити подання про міське середовище й може використовуватися в різних сферах як міського, так і обласного управління.

Модель ТМГП кварталу м. Харкова містить:

- модель рельєфу в районі ХНУМГ ім. О. М. Бекетова;
- тривимірні моделі будинків із фотографічними текстурами;
- тривимірні моделі головних інженерно-технічних комунікацій;
- зелені насадження.

Розроблена модель ТМГП у межах розглянутої території дасть змогу вирішити такі завдання:

- локалізувати й усунути аварії, пов'язані з комунікаційними спорудами, зокрема підземними. У разі використання візуально зрозумілої схеми комунікацій час пошуку потрібних для ремонту точок доступу або управління скорочується до однієї-двох хвилин, що дає змогу зменшити розміри збитків від аварії;

- виконати оперативне прокладання маршрутів на внутрішньодворових територіях. Якщо застосовується система супутникової навігації, то завдання міської навігації може вирішуватися в реальному масштабі часу;

- уникнути конфліктних ситуацій під час забудови міських територій (наприклад вибір місця розташування ігрових клубів на відстані від житлових будинків і дитячих установ);

- забезпечити проведення суцільного обліку об'єктів містобудівної діяльності, зокрема неврахованих і самовільно зведених;

- виконати моніторинг об'єктів містобудівної діяльності, залучити інвестиції, а також вести реєстр об'єктів містобудівної діяльності з їхньою візуалізацією.

Практичне застосування фотореалістичних моделей ТМГП м. Харкова дає змогу підвищити ефективність керування міськими територіями за трьома головними напрямками (рис. 10.3):

1) підвищення ефективності моделювання архітектурно-планувальних рішень:

- створення моделей реального візуального сприйняття місцевості з різних точок спостереження за різних варіантів забудови (після знесення будинків, реконструкції та розміщення нових об'єктів),

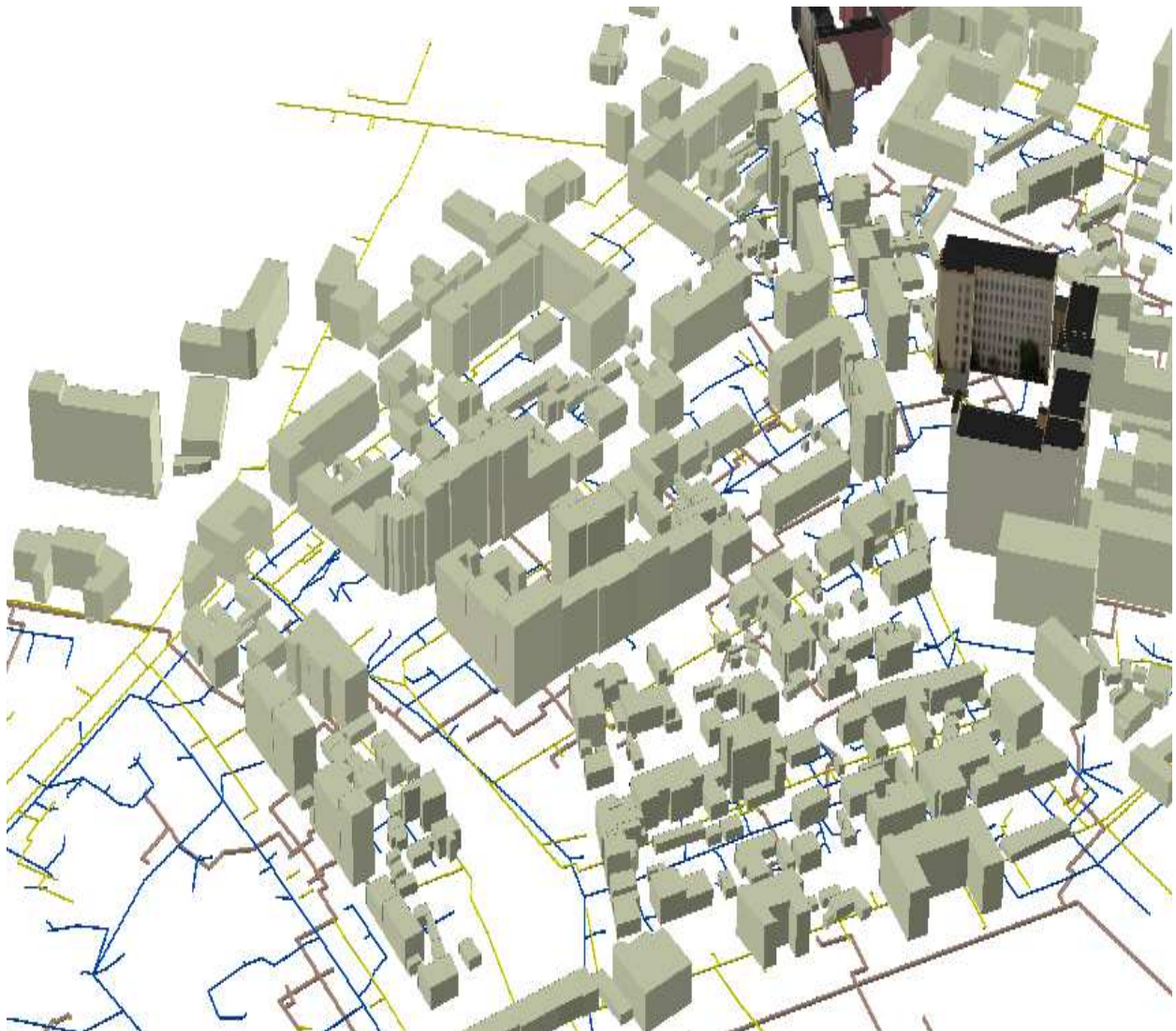
- моделювання візуального сприйняття місцевості за роками за різних варіантів озеленення з огляду на темп росту дерев;

2) підвищення ефективності заходів із запобігання терористичним актом, ліквідації надзвичайних ситуацій і їхніх наслідків:

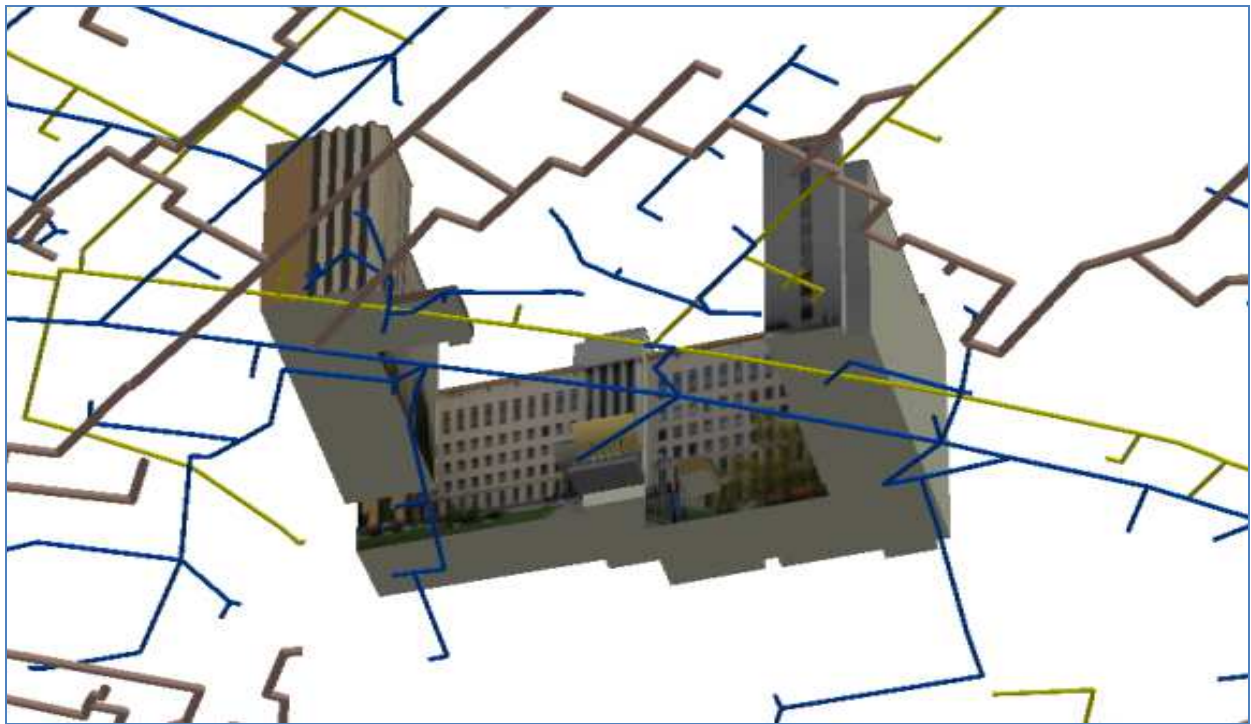
- розроблення планів і відпрацювання дій із попередження й припинення протиправних дій,

- ліквідація пожеж та інших надзвичайних ситуацій на тривимірних зображеннях критично важливих об'єктів міста (із візуалізацією внутрішніх приміщень, проходів, підходів, під'їзних колій, що оточують забудови, із можливістю перегляду будинку з будь-якого боку),

- оперативний контроль місця розташування та координація транспортних одиниць на маршрутах із огляду на просторово-тимчасові умови руху міського транспорту.



a)



b)

Рис. 10.2 (а, b) — Головні види фотореалістичної моделі ТМГП кварталу міста Харкова



Рис. 10.3 — Головні напрями практичного застосування моделей ТМГП

Отже, під час створення моделей ТМГП часовий фактор є визначальним. Тимчасові витрати пов'язані, насамперед, із потребою підготувати вихідні дані,



створити фотореалістичні моделі будинків і споруд, імпортувати створені моделі у 3D-сцену. Під час роботи з великими геопросторовими базами даних час комп'ютерного оброблення та відновлення даних може бути неприпустимо довгим.

Усі наведені сцени були створені за допомогою процесора Intel Xeon 3,2 ГГц з 1 Гб операційної пам'яті. Під час створення цих сцен за використання машин меншої, ніж потрібно, потужності з'являються проблеми.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Agouris P. Integration of photogrammetric and geographic databases / International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. — Vol. XXXI —Part B4. — Vienna, 1996. — PP. 24—29.
2. Wurlander R. Photorealistic terrain visualization using methods of 3D-computer-graphics and digital photogrammetry / International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. — Vol. XXXI. — Part B4. — Vienna, 1996. — PP. 972—977.

### **1.11 Картографування кіберпростору: візуалізація та аналіз віртуального світу**

В останні роки з розвитком комп'ютерних мереж, таких як Інтернет і World Wide Web (WWW), дослідники різних галузей знань, зокрема комп'ютерних наук, соціології, географії й топографії, усе активніше цікавляться кіберпростором. Кіберпростір ґрунтується на двох комп'ютерних технологіях: інформаційній мережі та віртуальній реальності. Кіберкарти для картографування кіберпростору можна розглядати як інструментарій вивчення різних характеристик та особливостей кіберпростору.

Науковці наголошують на тому, що кіберпростір як віртуальний простір значно відрізняється від реальної дійсності за багатьма властивостями. Останні розмежовують кіберкарти й традиційні карти [1].

Розглянемо низку питань щодо зіставлення традиційних карт із кіберкартами візуалізації, аналізу та вивчення кіберпростору.

Термін «кіберпростір» усе активніше поширюється в епоху інформаційних технологій. Це поняття (від кібернетика та простір) в обіг увів

Уільям Гібсон, канадський письменник-фантаст, у новеллі «Спалення Хром» («Burning Chrome»), що вийшла друком у журналі «Омні».

Кіберпростір — віртуальний простір глобальної комп'ютерної мережі, що позв'язує абонентів різного виду, яким може переміщатися різна інформація. Кіберпростір посідає чільне місце в житті суспільства. До того ж результати наукових досліджень усе більшою мірою залежать від кіберпростіру. Учені послуговуються електронною поштою для обміну інформацією, створення сторінок наукових доповідей, а також для поширення результатів своїх досліджень і проектів, проведення он-лайн-конференцій. Повсякденне життя поступово починає залежати від кіберпростіру, у якому все частіше здійснюються розрахунки, купівля товарів, пропонується широкий спектр розваг і організовуються зустрічі.

Традиційна картографія ґрунтується на евклідовій геометрії, оскільки правильне подання відстаней і кутів є важливим аспектом вирішення прикладних завдань, пов'язаних із навігацією, розвідкою природних ресурсів, оцінюванням екологічного стану, а також низки проблем управління.

Традиційний підхід у картографії з появою топології та топологічних відображень потребував заміни. Головним завданням за топологічного підходу є не подання областей, районів або категорювання об'єктів, увага до зв'язків, тобто до наявності або відсутності зв'язків між об'єктами.

Так, карта метрополітену будь-якого міста є наочним прикладом топологічної карти, тому що кожна станція відбиває взаємозв'язність ліній, отже, указує на можливість переміщення з однієї лінії метрополітену в іншу.

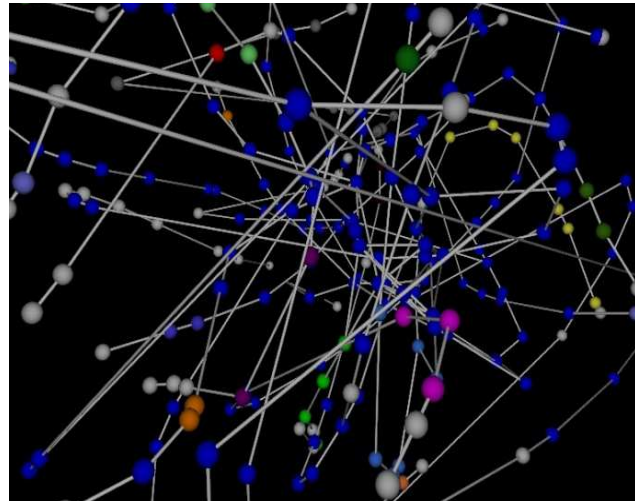
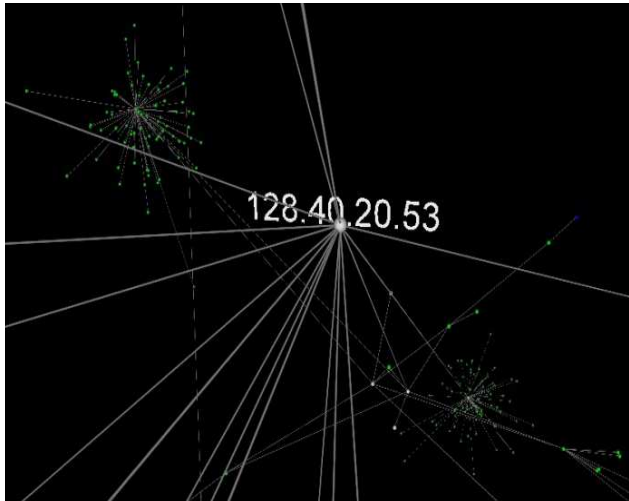
Наразі значущість такого фактора в житті суспільства, як відстань, зменшується через розвиток телекомунікацій та інтернету як засобів поширення інформації.

Ідеться про те, що, із одного боку, існують об'єктивні причини різного тлумачення понять кіберкарти та географічної карти. Із другого — кіберпростір і географічний простір мають багато спільного: обидва простори мають значні розміри й не можуть подаватися тільки з одного погляду.

Інтернет є всесвітньою мережею, що складається з мільйонів комп'ютерів, які взаємодіють через узгоджену множину інтернет-протоколів. Кожен комп'ютер має своє унікальне місце, тому інтернет розглядається як простір, який відображає фізичне розміщення комп'ютерів у глобальній мережі. Цей вид кіберкарти можна подати як тематичну карту, оскільки принципи традиційних

тематичних карт зберігаються. Кіберкарти варто класифікувати за темами таким чином [2]:

- карти динаміки інтернет-ресурсів;
- карти інтернет-прогнозу метеоумов;
- карти власних унікальних номерів комп'ютерів (рис.11.1, а);
- карти розподілу хост-комп'ютерів (рис. 11.1, б);
- карти розподілу обсягів інформації у глобальній мережі.



а)

б)

Рис. 11.1 — Приклади візуалізації кіберпростору

На рис. 11.2—11.3 наведено варіанти кіберкарт, зокрема 3D-гіперболічний граф, що відображає інтернет-топологію, та плоский граф, що моделює зв'язність маршрутизаторів інформаційних потоків в інтернеті [3].



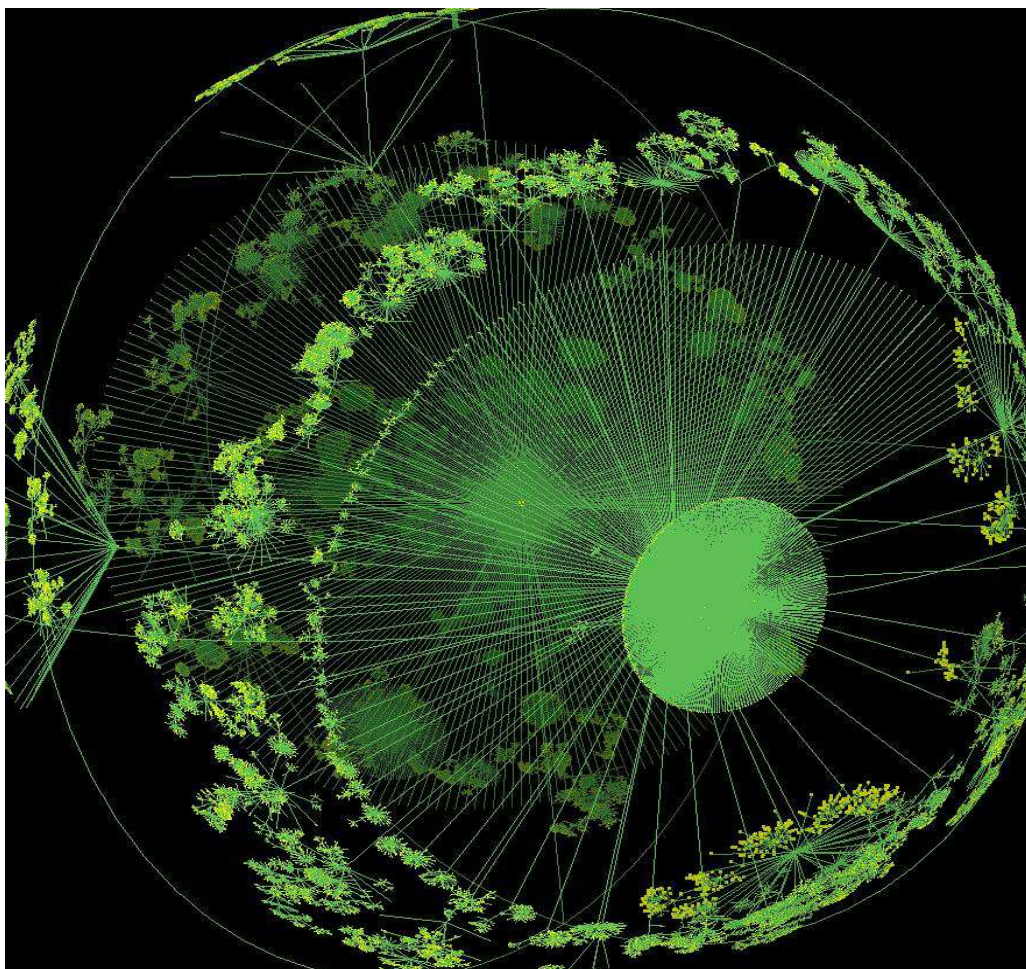


Рис. 11.2 — 3D-гіперболічний граф, що відображає інтернет-топологію

Розглядаємо п'ять видів карт у кіберпросторі в епоху інформаційних технологій, які класифікуємо за функціональним критерієм на карти спеціального й загального призначення та карти мережних ресурсів у кіберпросторі.

Сьогодні традиційна картографія стикається зі значними труднощами, пов'язаними з впливом інформаційних технологій на традиційне проектування й створення картографічної продукції та потребою в розробленні технології картографування інформаційного простору — кіберпростору.

Методи візуалізації 2.5D-, 3D-моделей, технології їхньої побудови однаково важливі як для подання географічного простору, так і для кіберпростору.

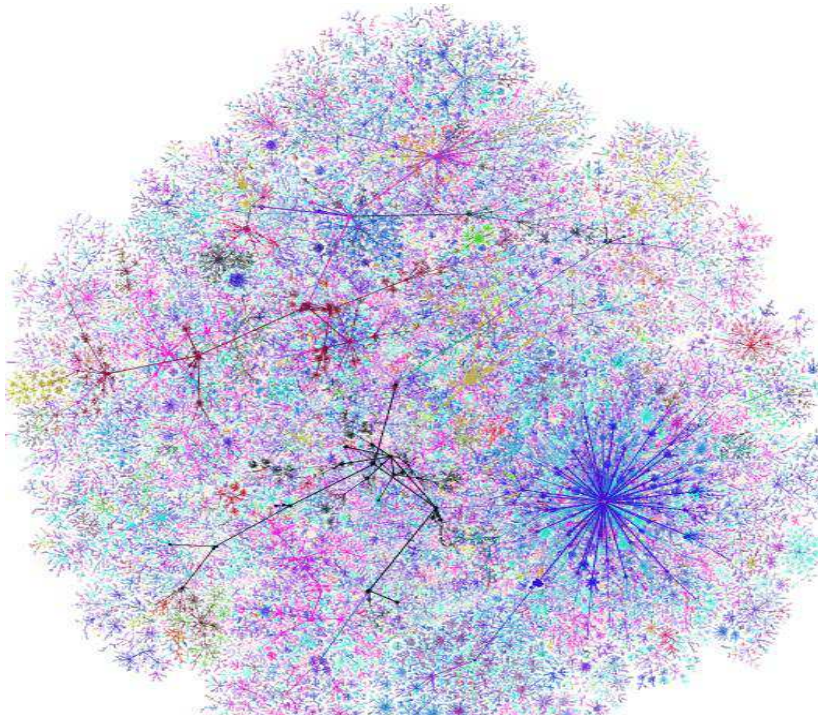


Рис. 11.3 — Граф зв'язності маршрутизаторів інформаційних трафіків в інтернеті

Отже, наразі спостерігаємо тенденцію до активного формування кіберпростору. Географічні дослідження глобального інформаційного світу є перспективними та розвиватимуться й надалі відповідно до ступеня розвитку самого світу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Воройский Ф. С. Современная информационная технология и ее развитие / Ф. С. Воройский // Научные и технические библиотеки. – 2006. — № 8. – С. 66—78.
2. Ленсу Я. Ю. История виртуальной среды : учеб.-метод. комплекс / Я. Ю. Ленсу. — Минск : МИУ, 2009. – 180 с.
3. Прохоров А. Интернет в цифрах и фактах / А. Прохоров // Комп'ютер-Пресс. – 2006. — № 2 – С. 4—16.

### **1.12 Агентна модель руху транспортних засобів на перехресті**

Протягом останніх років особливої ваги набуває проблема дорожнього руху в містах, оскільки значно зросла загальна кількість особистого транспорту. У години пік на дорогах різко підвищується інтенсивність руху автотранспорту через те, що більшість людей їдуть на роботу майже одночасно. Сьогодні на багатьох ділянках доріг, особливо в центральній частині міста, де зосереджені бізнеси-центри та інші організації, виникають затори — довгі черги автомобілів перед перехрестями, що істотно сповільнює рух транспорту й збільшує час пересування в межах міста. Із метою вирішення проблеми заторів потрібні більші капіталовкладення в модернізацію дорожньо-транспортної мережі міста й автостоянок. Отже, прийняті рішення мають базуватися на результатах спеціальних досліджень потоків міського транспорту. У дослідженнях можна використати сучасні геоінформаційні системи та адекватні моделі потоків транспорту на магістралях міста. Геоінформаційні системи доцільно застосовувати для просторового аналізу дорожньо-транспортної системи міста, вибору проблемних ділянок і визначення їхніх просторових характеристик. На підставі отриманих даних за допомогою математичних моделей можна досліджувати вплив несприятливих факторів на пропускну здатність дорожньо-транспортної мережі, а також розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо удосконалення транспортної системи міста. Таким підходом прийнято послуговуватися під час розроблення моделі.

Існують різні підходи до побудови моделей, призначених для дослідження транспортних потоків [1, 2]. Одним із перспективних напрямів є використання агентних моделей, у яких динаміка й глобальні правила функціонування складних систем визначаються за результатами індивідуальної активності елементів системи. До подібних систем належить дорожньо-транспортна мережа міста, динаміка руху потоку якої визначається індивідуальною поведінкою водіїв автомобілів. Розглядається один зі способів побудови агентної моделі, призначеної для дослідження транспортних потоків.

Агентна модель подає реальний світ у вигляді багатьох окремих активних підсистем, які називають агентами. Під агентом розуміють об'єкт, що взаємодіє з оточенням та іншими агентами, володіє активністю, автономною поведінкою й може приймати рішення відповідно до певного набору правил.

У запропонованій моделі агентами є автомобілі, якими управляють водії. Світлофори також розглядаються як агенти, оскільки працюють автономно за заздалегідь визначеними правилами. Загальним зовнішнім середовищем для

агента є проїжджа частина дороги з усіма розташованими на ній засобами організації дорожнього руху та іншими агентами. У процесі руху агент постійно взаємодіє із зовнішнім середовищем, аналізуючи дорожні знаки й світлові сигнали світлофорів. Узаємодія між агентами здійснюється також за допомогою світлових сигналів, які повідомляють іншим агентам про намір виконати зупинку, маневр, поворот або інші дії.

Таким чином, агентна модель транспортного потоку має містити опис зовнішнього середовища агента, його внутрішній стан, дії та правила їхнього виконання. Нормативною базою в моделі є правила дорожнього руху України [3].

Зовнішнє середовище моделі утворюють межі проїжджої частини дороги, смуги руху, можливі траєкторії агентів, світлофори та інші агенти. Щоб описати зовнішнє середовище використаємо принцип векторизації, який широко застосовується на практиці під час оброблення просторових даних. Кожен елемент зовнішнього середовища подамо як набір опорних точок і виконаємо їхню прив'язку до обраної системи координат. Знаючи свої координати й координати опорних точок елементів зовнішнього середовища, агент зможе орієнтуватися в цьому середовищі та виконувати дії, потрібні для досягнення певної мети.

Геометрична інтерпретація принципу векторизації (рис. 12.1) указує на опорні точки зовнішнього середовища, які використовуються в моделі. На рис. 12.1 розміщено знімок перетину просп. Леніна з вул. 23 Серпня м. Харкова, а також геометричну модель перехрестя.



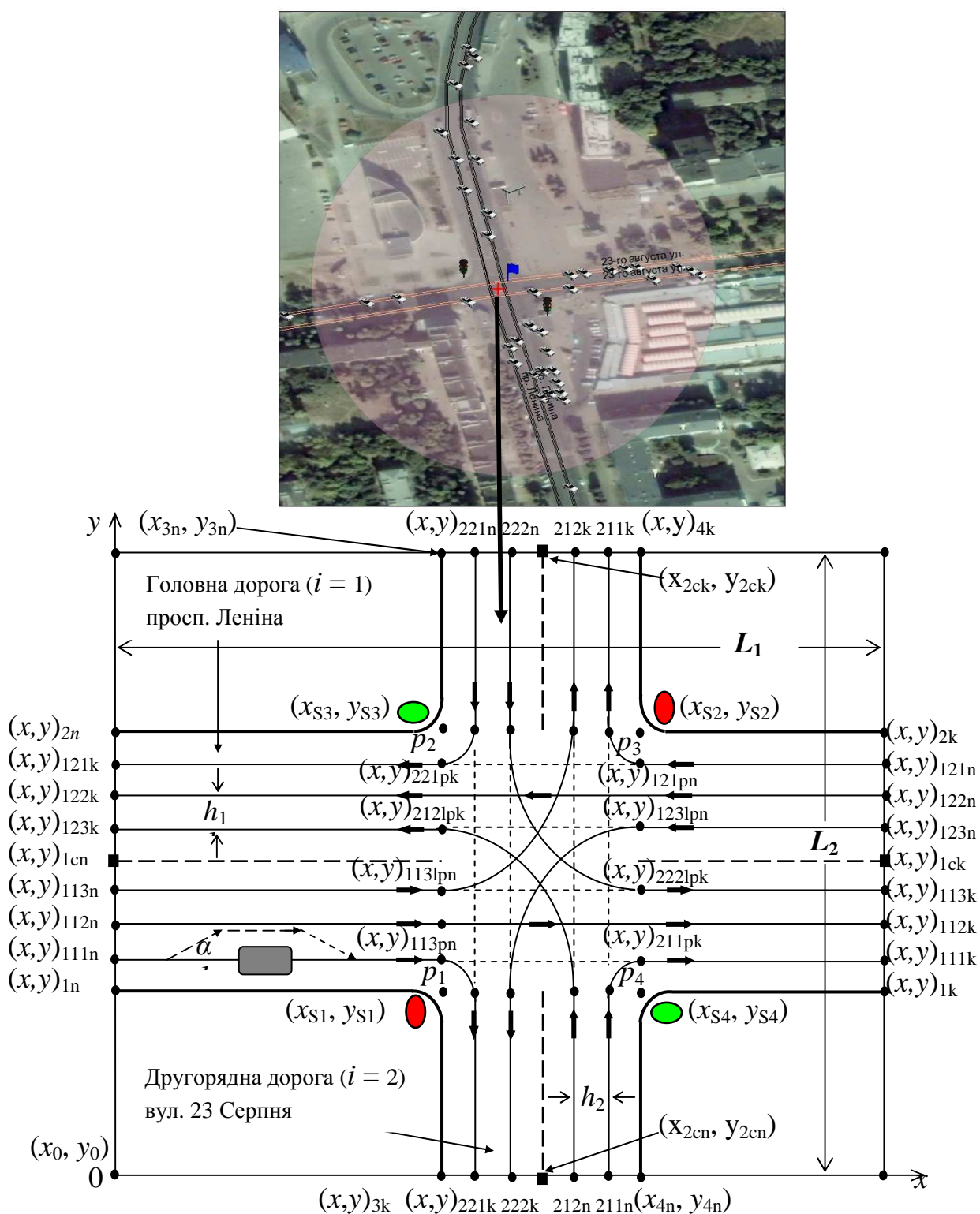


Рис. 12.1 — Геометрична інтерпретація моделі перехрестя

Вихідними даними для моделювання перехрестя є:

- 1) космічні знімки досліджуваної території, наприклад знімок території Харківської області;

2) координати початкової ( $X_{in}, Y_{in}$ ) і кінцевої ( $X_{ik}, Y_{ik}$ ) точок середніх ліній головної ( $i = 1$ ) і другорядної ( $i = 2$ ) доріг. Кількість смуг руху на головній ( $m_1$ ) і другорядній ( $m_2$ ) дорогах.

Ця інформація визначається у процесі оброблення та аналізу знімка за допомогою геоінформаційних систем, наприклад ArcGIS 9.3.

Під час розроблення моделі зовнішнього середовища прийнято такі припущення й позначення (рис. 12.1):

1. Моделювання зовнішнього середовища виконується у прямокутній системі координат  $oxy$  з початком координат  $x_0 = 0$  та  $y_0 = 0$ .

2. Головна дорога проходить паралельно до осі  $x$ , дороги перетинаються під кутом  $\alpha$ . У цьому прикладі відповідно до знімка кут  $\alpha$  дорівнює  $90^\circ$ .

3. Дороги призначені для двостороннього руху  $m_i/2$  смугами на кожному боці. На позначення елементів доріг використовуються індекси  $i, j, l$ , де  $i$  – індекс дороги (рис. 12.1). Індекс  $j$  позначає напрямки руху на дорозі:  $j = 1$  – рух ліворуч-праворуч на головній дорозі та униз-нагору на другорядній дорозі, а  $j = 2$  – рух у зворотному напрямку. Номери смуг руху та траєкторій агентів позначаються індексом  $l$  ( $l = 1, 2 \dots m_i / 2$ )... Ця інформація використовується під час прийняття рішень.

4. У моделі прийнято припущення, що на перехресті встановлені два світлофори, розташування яких визначають координати ( $x_{s1}, y_{s1}$ ) і ( $x_{s2}, y_{s2}$ ). Кожен світлофор поданий у вигляді однієї секції, на якій послідовно відображаються такі світлові сигнали: зелений, жовтий і червоний кольори протягом часу  $t_{zi}, t_{ji}, t_{ki}$  відповідно. На обох світлофорах збігатися можуть лише сигнали жовтих кольорів. Червоний і зелений — не можуть. Цих правил роботи світлофорів дотримуються виконання таких умов:  $t_{k1} = t_{z2}, t_{z1} = t_{k2}, t_{j1} = t_{j2}$ .

Зовнішнє середовище в моделі подано як множина координат опорних точок. Процес обчислення координат опорних точок називатимемо векторизацією зовнішнього середовища. У процесі векторизації обчислюються такі параметри (рис. 12.1):

1) довжини головної та другорядної доріг:

$$L_i = \sqrt{(x_{i2} - x_{i1})^2 + (y_{i2} - y_{i1})^2}, \text{ де } i = 1, 2;$$

2) координати опорних точок середніх ліній доріг:

Індекси  $n$  і  $k$  позначають початкову та кінцеву опорні точки;

3) координати опорних точок головної дороги:

$$\begin{aligned}x_{1n} &= x_0, & y_{1n} &= y_{1cn} - h_1 m_1 / 2; \\x_{2n} &= x_{1n}, & y_{2n} &= y_{1cn} + h_1 m_1 / 2; \\x_{1k} &= x_{1cn} + L_1, & y_{1k} &= y_{1n}; \\x_{2k} &= x_{2n} + L_1, & y_{2k} &= y_{2n};\end{aligned}$$

4) координати опорних точок перехрестя:

$$\begin{aligned}x_{p1} &= x_{2cn} - h_2 m_2 / 2, & y_{p1} &= y_{1n}; \\x_{p2} &= x_{p1}, & y_{p2} &= y_{1cn} + h_1 m_1 / 2; \\x_{p3} &= x_{p2} + h_2 m_2, & y_{p3} &= y_{p2}; \\x_{p4} &= x_{p3}, & y_{p4} &= y_{1n};\end{aligned}$$

5) координати опорних точок другорядної дороги:

$$\begin{aligned}x_{3n} &= x_{p1}, & y_{3n} &= y_0 + L_2; \\x_{3k} &= x_{3n}, & y_{3k} &= y_0; \\x_{4n} &= x_{p4}, & y_{4n} &= y_0; \\x_{4k} &= x_{4n}, & y_{4k} &= y_{3n};\end{aligned}$$

6) координати опорних точок траєкторій головної дороги:

$$\begin{aligned}x_{11n} &= x_{12k} = x_0, & l &= 1, 2, 3; \\x_{11k} &= x_{12n} = x_0 + L_1, & l &= 1, 2, 3; \\y_{11n} &= y_{11k} = y_{1cn} - 3h_1; \\y_{112n} &= y_{112k} = y_{1cn} - 2h_1; \\y_{113n} &= y_{113k} = y_{1cn} - h_1; \\y_{121n} &= y_{121k} = y_{1cn} + 3h_1; \\y_{122n} &= y_{122k} = y_{1cn} + 2h_1; \\y_{123n} &= y_{123k} = y_{1cn} + h_1;\end{aligned}$$

7) координати опорних точок траєкторій другорядної дороги:

$$\begin{aligned}x_{211n} &= x_{212k} = x_{2cn} + 2h; \\x_{212n} &= x_{212k} = x_{2cn} + h; \\x_{221n} &= x_{222k} = x_{2cn} - 2h; \\x_{222n} &= x_{222k} = x_{2cn} - h; \\y_{21n} &= y_{21k} = y_0, & l &= 1, 2; \\y_{21k} &= y_{22n} = y_0 + L_2, & l &= 1, 2;\end{aligned}$$

8) координати опорних точок правого повороту (*pr*) з першої смуги головної дороги прямого напрямку руху:

$$X_{111prn} = X_{p1}, \quad Y_{111prn} = Y_{111n};$$

$$X_{111prk} = X_{221k}, \quad Y_{111prk} = Y_{1n};$$

9) координати опорних точок правого повороту з першої смуги головної дороги зустрічного напрямку руху:

$$X_{121prn} = X_{p3}, \quad Y_{121prn} = Y_{121n};$$

$$X_{121prk} = X_{211k}, \quad Y_{121prk} = Y_{p3};$$

10) координати опорних точок правого повороту з першої смуги другорядної дороги прямого напрямку руху:

$$X_{211prn} = X_{211n}, \quad Y_{211prn} = Y_{p4};$$

$$X_{211prk} = X_{4n}, \quad Y_{211prk} = Y_{111n};$$

11) координати опорних точок правого повороту з першої смуги другорядної дороги зустрічного напрямку руху:

$$X_{221prn} = X_{221n}, \quad Y_{221prn} = Y_{p2};$$

$$X_{221prk} = X_{p2}, \quad Y_{221prk} = Y_{121k};$$

12) координати опорних точок лівого повороту (*lp*) із третьої смуги головної дороги прямого та зустрічного напрямків руху:

$$X_{113lpn} = X_{p1}, \quad Y_{113lpn} = Y_{113n};$$

$$X_{113lpk} = X_{212k}, \quad Y_{113lpk} = Y_{p3};$$

$$X_{123lpn} = X_{p3}, \quad Y_{123lpn} = Y_{123n};$$

$$X_{123lpk} = X_{222k}, \quad Y_{123lpk} = Y_{p1};$$

13) координати опорних точок лівого повороту із других смуг прямого та зустрічного напрямків руху:

$$X_{212lpn} = X_{212n}, \quad Y_{212lpn} = Y_{p4};$$

$$X_{212lpk} = X_{p2}, \quad Y_{212lpk} = Y_{123k};$$

$$X_{222lpn} = X_{222n}, \quad Y_{222lpn} = Y_{p2};$$

$$X_{222lpk} = X_{p4}, \quad Y_{222lpk} = Y_{113k};$$



Побудова моделі станів агентів виконується за таких припущень і обмежень [3]:

1. Максимальна кількість смуг руху на дорозі — шість (по три смуги в кожному напрямку руху).

2. Стан агента описується ознакою  $P$ , що набуває двох значень: 0 (задається за умовчанням) або 1 (агент перебуває в цьому стані). Винятком є ознака смуги руху ( $P_{\text{пд}}$ ), що може набувати одного із трьох значень – 1, 2 або 3.

3. Рух починається з початку першої смуги будь-якого напрямку руху. Траєкторія моделюється по середині смуги руху. Швидкість руху постійна, але значення швидкості залежить від виду руху: прямолінійний рух, правий або лівий поворот, маневр.

4. У процесі руху агент може перебувати в одному з таких станів (рис. 12.1):

- рівномірний рух на ділянках до перехрестя та після проходження перехрестя (ознака  $P_{\text{п}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{п}}$ , м/с;

- зміна правої смуги руху на ліву (ознака  $P_{\text{пл}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{пл}}$ , м/с;

- зміна лівої смуги руху на праву (ознака  $P_{\text{лп}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{лп}}$ , м/с;

- поворот праворуч (ознака  $P_{\text{пр}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{пр}}$ , м/с;

- поворот ліворуч (ознака  $P_{\text{л}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{л}}$ , м/с;

- обгін (ознака  $P_{\text{о}}$ ), швидкість руху  $V_{\text{о}}$  перевищує швидкість попутного транспортного засобу, що рухається поряд суміжною смугою, м/с;

- початок маневру, повороту або зупинки (ознака  $P_{\text{м}} = 1$ );

- завершення маневру, повороту або зупинки (ознака  $P_{\text{м}} = 0$ );

- рух на дорозі (ознака  $P_{\text{д}}$ ):  $P_{\text{д}} = 0$  – рух головною дорогою,  $P_{\text{д}} = 1$  – рух другорядною дорогою;

- напрямок руху (ознака  $P_{\text{н}}$ ):  $P_{\text{н}} = 0$  – рух у прямому напрямку,  $P_{\text{н}} = 1$  – рух у зворотному напрямку.

5. У разі зміни стану агент самостійно змінює відповідні ознаки.

6. У разі досягнення кінця смуги руху агент віддаляється.

7. Моделювання виконується в реальному або модельному часі, що регулюється установленням інтервалу таймера.

Прийняті припущення й ознаки дають змогу моделювати рух агентів відповідно до правил дорожнього руху [3].

У моделі застосовується низка методів моделювання руху, які розглянемо докладніше нижче.

### *Рух на лінійній ділянці*

Координати точок траєкторії обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned}x_i &= x_{i-1} + V_n \cos(\alpha) * T_0 \\y_i &= y_{i-1} + V_n \sin(\alpha) * T_0\end{aligned}\quad (12.1)$$

де  $T$  — інтервал часу, що визначає крок моделювання;

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{— лінійні ділянки головної дороги, прямий напрямок руху;} \\ 180^\circ & \text{— лінійні ділянки головної дороги, зустрічний напрямок руху;} \\ 90^\circ & \text{— лінійні ділянки другорядної дороги, прямий напрямок руху;} \\ 270^\circ & \text{— лінійні ділянки другорядної дороги, зустрічний напрямок руху.} \end{cases} \quad (12.2)$$

Початкові значення  $x_0, y_0$  на першому кроці визначаються за значеннями координат точки входження на смугу руху. Моделювання прямолінійного руху завершується за досягнення кінця лінійної ділянки, на якій моделюється рух.

### *Рух у разі зміни смуги*

У разі зміни смуги вважаємо, що ділянка руху має лінійний характер (рис. 12.1). Координати траєкторії обчислюються за формулами (12.1). Потрібно уважати на те, що кут  $\alpha$  змінюється на величину  $\Delta\alpha$ . У моделі прийнято  $\Delta\alpha = 15$ .

### *Рух на ділянці повороту*

Моделюється на підставі припущення про те, що швидкість на віражі постійна. Координати точок траєкторії на віражах обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned}x_i &= R \cos \gamma_i; \quad y_i = R \sin \gamma_i; \\ \gamma_i &= \gamma_{i-1} \pm \Delta\gamma; \\ \Delta\gamma &= VT_0 / R.\end{aligned}\quad (12.3)$$

де  $R$  — радіус правого або лівого повороту;

$\Delta\gamma$  — кут, що проходить агент за час  $T_0$ .

Знак “+” або “-” визначається за напрямом повороту (рис. 12.1).

Класифікація стану виробляється на кожному інтервалі моделювання методом найближчого сусіда (рис. 12.2).

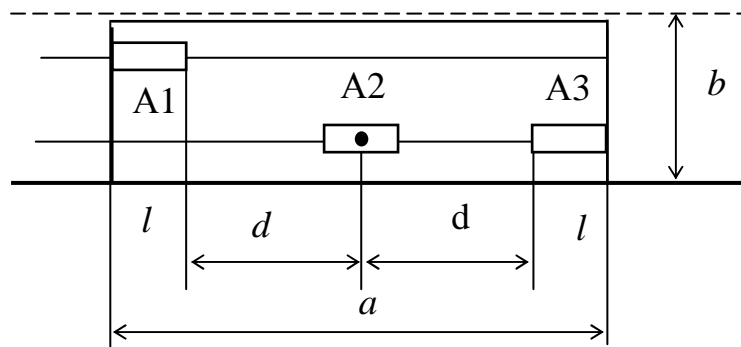


Рис. 12.2 — Геометрична інтерпретація принципу класифікації станів

Щоб проаналізувати обстановку й ухвалити рішення про виконання чергової дії, кожен агент, наприклад агент A2, аналізує стани об'єктів, що потрапили у кластер розміром  $a \times b$ . Розміри кластера визначаються за такими формулами:

$$a = 2d + 2l; \quad b = 2h_i, \quad (12.4)$$

- де  $b$  – ширина кластера, м;  
 $l$  – довжина автомобіля, м;  
 $h_i$  – ширина смуги  $i$ -ої дороги, м ( $i = 1, 2$ );  
 $d$  – безпечна відстань між агентами, м [3].

У цьому прикладі агент A2 аналізує ознаки стану одного або двох найближчих агентів, що потрапили у кластер. Залежно від станів найближчих сусідів агент A2 приймає рішення щодо продовження шляху своєю смугою або виконання маневру чи повороту.

Умови виконання дій реалізовані у вигляді правил (продукцій) типу «ЯКЩО — ТО». Проект агентної моделі реалізований мовою C++ у системі візуального програмування C++ Builder 6.

Отримана агентна модель має практичну цінність для вчених та інженерів, зацікавлених у моделюванні руху транспортних засобів. Вона дає змогу досліджувати й аналізувати транспортні потоки для виявлення умов виникнення заторів або зниження пропускної здатності транспортних магістралей.

Наразі програмний продукт доробляється й удосконалюється для адаптації до різних предметних сфер, у яких беруть участь рухомі в часі й просторі об'єкти та процеси.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование на AnyLogic 5. [Электронный ресурс] / Ю. Т. Карпов. —Спб. : БХВ\_Петербург, 2005. — 300 с.
2. Борщёв А. В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Электронный ресурс] / А. В. Борщёв. — Exponenta Pro, № 3-4, 2004.
3. Правила Дорожного Руху України [Текст]. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 р. N 1306 / Київ.

### **1.13 Моделювання дорожнього руху на перехресті за допомогою геоінформаційних технологій**

Зростаючі автотранспортні потоки великих міст спричиняють потребу в реконструкції наявних і створенні нових транспортних вузлів. Дослідження транспортних систем за допомогою імітаційних моделей набуває поширення завдяки гнучкості й наочності одержуваних результатів.

Значне збільшення автомобільного парку, обсягу перевезень призводить до підвищення інтенсивності руху, що в умовах міст із історично сформованою забудовою спричиняє виникнення транспортних проблем, які набувають особливої гостроти у вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі. Ідеться про збільшення транспортних затримок, утворення черг і заторів, що викликають зниження швидкості сполучення, невиправдану перевитрату палива та підвищене зношування вузлів та агрегатів транспортних засобів. Водночас на перехрестях, які займають незначну частину території міста, концентрується більше 30 % усіх ДТП.

Термін «перехрестя» означає будь-який перетин на одному рівні, з'єднання або розгалуження доріг, зокрема територію, утворену такими перетинами, з'єднаннями або розгалуженнями.

Перехрестя — причина й фактор виникнення ДТП. Натурні спостереження за режимами руху транспортних засобів (ТЗ) свідчать про потребу в розробленні та реалізації нових методів моделювання дорожнього руху на вулично-дорожній мережі (ВДМ) і в оцінюванні його безпеки.

Модель організації руху ТЗ, реалізовано у програмному середовищі ArcGIS 9, дає змогу визначити інтенсивність конфліктування транспортних засобів (ТЗ) під час маневрування, вливання та перетинання транспортних потоків на перехресті за різної інтенсивності руху. Усі ТЗ перебувають у геоінформаційному просторі, що моделюється векторними засобами, створеними в середовищі ArcGIS 9.

Просторово-точна імітаційна модель (ПТІМ) організації руху ТЗ розроблялася відповідно до двох головних принципів. Перший полягає в тому, що ПТІМ організації руху ТЗ становить просторову модель, яка побудована на базі геоінформаційної системи і містить найбільш важливі для процесу руху ТЗ через перехрестя тематичні шари. Другий принцип полягає в тому, що ПТІМ організації руху ТЗ розроблялася як агентно-орієнтована модель, що дає змогу моделювати пересування кожного ТЗ.

Головним елементом моделі є опис руху об'єкта, тобто ТЗ. ПТІМ організації руху ТЗ містить правила, які визначають для кожного об'єкта моделі порядок руху до перехрестя, умови пошуку паркувального місця, покидання паркувального місця та подальший рух. Крім того, правила визначають поведінку ТЗ у разі виникнення транспортних заторів.

Алгоритм руху агента, що бере до уваги можливі зміни пересування, подано у вигляді діаграми станів на рис. 13.1.

ПТІМ організації руху ТЗ функціонує на базі побудованих векторних шарів, що містять потрібну інформацію про міську територію, отриману в середовищі ArcGIS. Просторово-точна модель реалізована у вигляді зовнішнього додатка до ArcGIS і розроблена в середовищі Visual Basic. Інтерфейс користувача ПТІМ організації руху ТЗ містить набір інструментів для вибору як області моделювання, так і зберігання отриманих результатів.

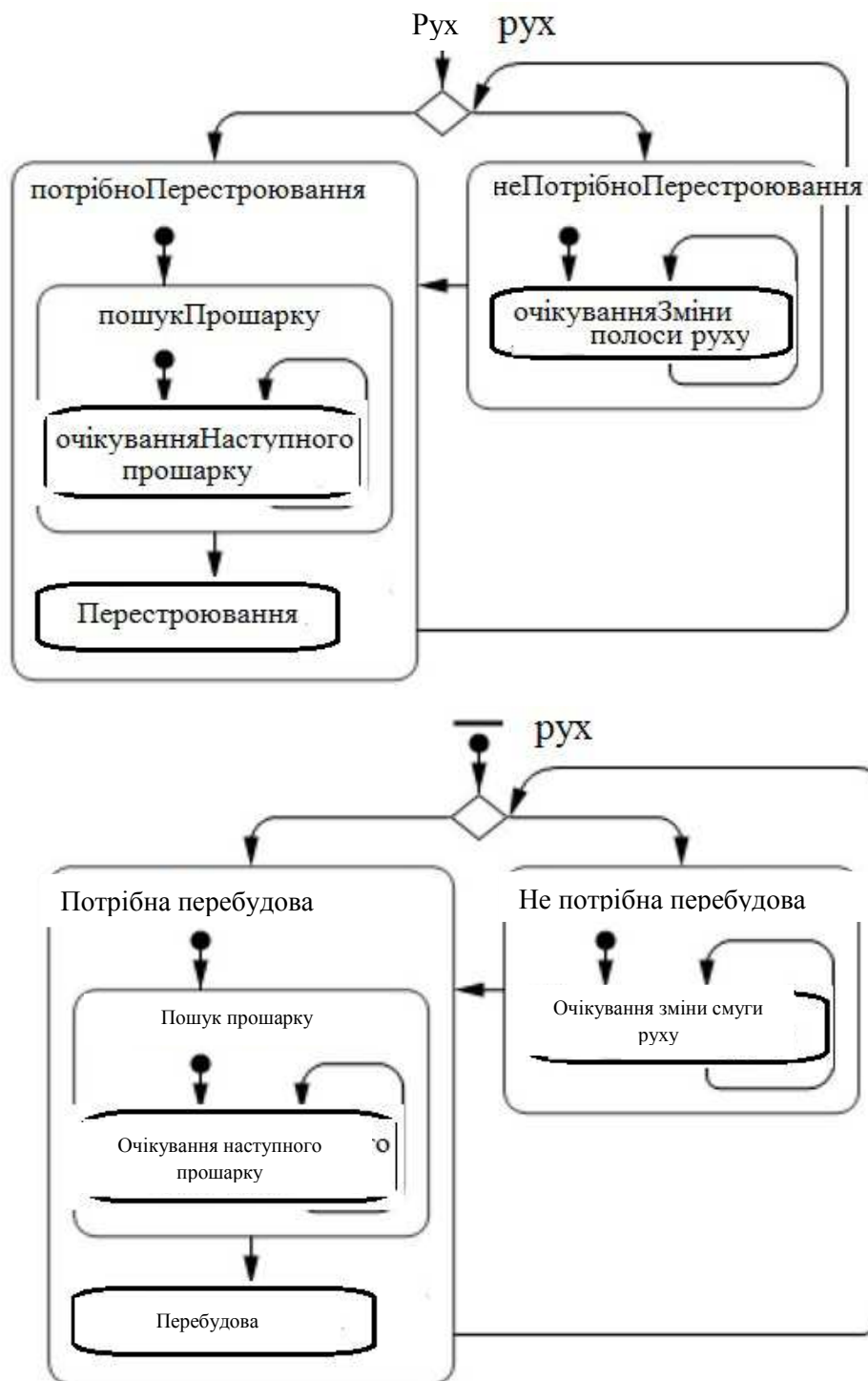


Рис. 13.1 — Діаграма станів під час руху агента ділянкою дороги

Просторова база даних ПТІМ організації руху ТЗ складається з просторових шарів високої розподільної здатності (для створення шарів використовувався масштаб 1:2000) і таблиці для зберігання атрибутивної інформації. Такими просторовими шарами є:

- елементи ВДМ у районі перехрестя;
- точки встановлення світлофорів;

- осі вулиць;
- розміщення ТЗ на паркувальних місцях;
- розміщення ТЗ на проїжджій частині вулиць;
- розміщення ТЗ на перехрестях.

На підставі вихідних шарів будуються два додаткових шари. Шар ліній для моделювання вулиць із двостороннім рухом, розташованих по обидва боки від центральної лінії вулиць, і шар ліній, які моделюють односторонній рух.

Паркувальні місця, розташовані на вулицях, моделюються у вигляді точок, побудованих по обидва боки центральної лінії сегмента вулиці. Середня дистанція між паркувальними місцями — 5 м. Шар паркувальних машино-місць містить усі фізично наявні паркувальні місця, зокрема й ті, на яких паркування не дозволене, але технічно можливе. Приклад векторних шарів просторової бази даних подано на рис. 13.2.

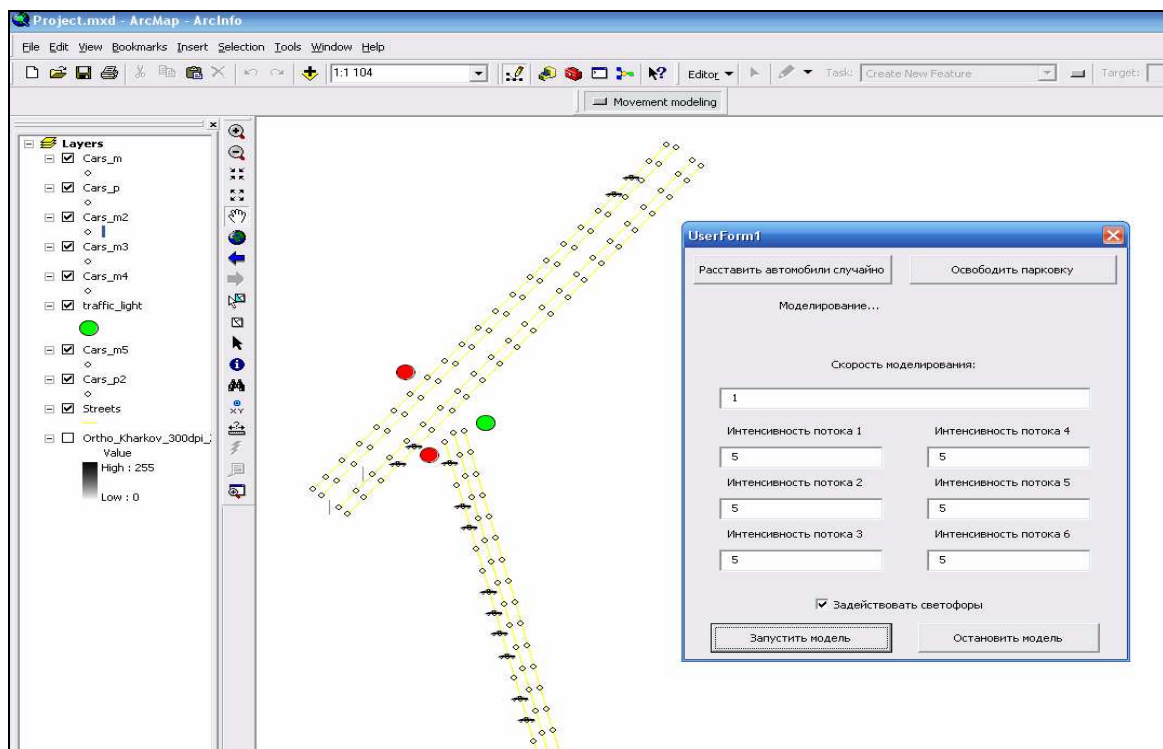


Рис. 13.2 — Головні векторні шари просторової бази даних

Модель реалізується в дискретних просторі й часі: за кожну ітерацію ТЗ змінює положення з огляду на швидкість руху (рис. 13.3).

Тимчасова частота моделювання залежить від середньої довжини ТЗ, що складає 5 м. Із огляду на це інтервал часу дорівнює  $\Delta t = 1$  с. за умови, що ТЗ рухається зі швидкістю  $V = 18$  км/год, щоб мати змогу за один крок ітерації просунути на 5 м. В імітаційній моделі швидкість руху  $V_s$  (км/год)

перераховується у швидкість  $V_m$ , що вимірюється в довжинах машино-місць для кожного інтервалу модельного часу. Модельна швидкість транспортного засобу  $V_m$  у моделі подається як:

$$V_m = V_{m, \text{int}} + V_{m, \text{dec}}, \quad (13.1)$$

де  $V_{m, \text{int}}$  – ціла частина  $V_m$ ;

$V_{m, \text{dec}}$  – десяткова частина  $V_m$ .

Так, якщо швидкість складає 20 км/год, довжина паркувального місця – 5 м, а час ітерації дорівнює 1 с, то швидкість транспортного засобу в моделі  $V_m = 1,11$  довжини машино-місця за один крок модельного часу, тобто  $V_{m, \text{int}} = 1$ , а  $V_{m, \text{dec}} = 0,11$ .

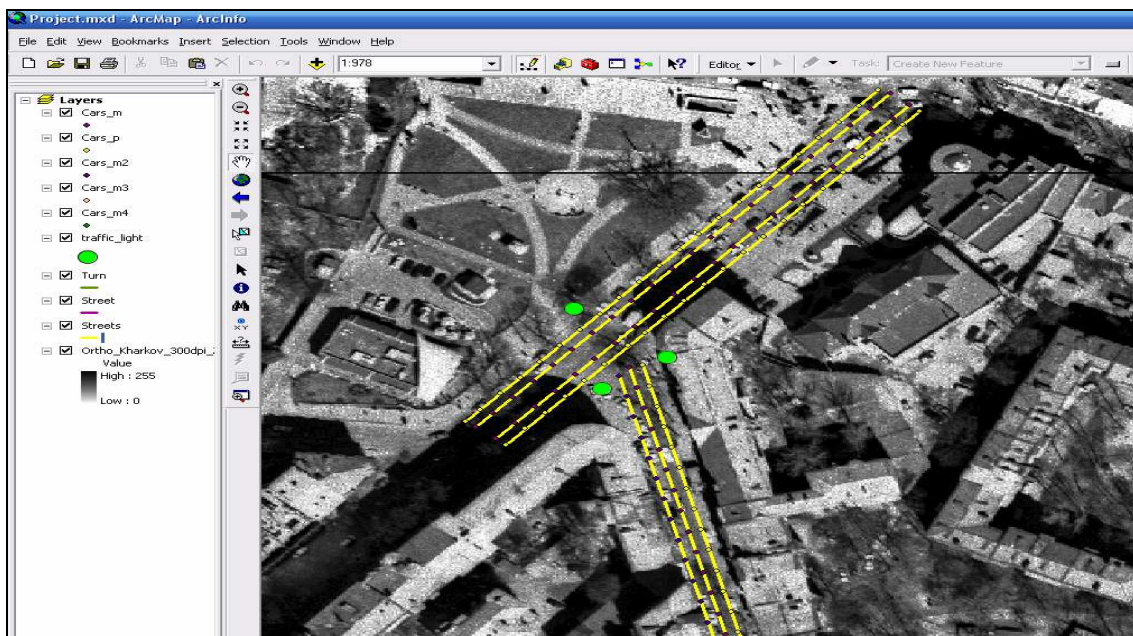


Рис. 13.3 — Моделювання руху ТЗ у вікні ArcGIS

Щоб змодельовати рух на нецілому, десятковому складнику швидкості  $V_m$ , у моделі генерується випадкове число  $\eta$ , рівномірно розподілене на інтервалі  $[0, 1]$ . У такому разі автомобіль просувається на відстань  $D = V_{m, \text{int}} + 1$  довжин місць для паркування в напрямку до місця призначення за виконання умови  $V_{m, \text{dec}} > \eta$  або  $D = V_{m, \text{int}}$ , якщо  $V_{m, \text{dec}} < \eta$ , що можна записати у вигляді:

$$D = \begin{cases} V_{m, \text{int}} + 1, & \text{если } V_{m, \text{dec}} > \eta; \\ V_{m, \text{int}}, & \text{если } V_{m, \text{dec}} < \eta. \end{cases} \quad (13.2)$$



Розглянута математична модель застосовується до кожного ТЗ, рух якого моделюється. Потрібно відзначити, що перед початком подолання інтервалу  $D$  перевіряється, вільний черговий інтервал чи ні, в останньому випадку рух припиняється. Порядок руху ТЗ є випадковим і встановлюється наново в кожному циклі роботи алгоритму. Узагальнений алгоритм моделювання руху ТЗ наведено на рис. 13.4.

Робота ПТІМ організації руху ТЗ досліджена на прикладі центрального району міста Харкова — вулиці Пушкінської, як найбільш завантаженої в денний час. Інтерфейс користувача для завдання параметрів руху ТЗ на перехресті наведено на рис. 13.4.

Критерієм якості розробленої моделі руху ТЗ на перехресті є її швидкодія під час експериментування з моделями реальних систем. Показником швидкодії імітаційної моделі є максимальна кількість одиниць модельного часу, що моделюється за одну одиницю реального часу. Ця характеристика визначається як максимальна швидкість моделювання за заданої конфігурації моделі. Розроблена модель агента використовується в середовищі моделювання, у якому одиницею модельного часу є секунда.

Випробування для визначення швидкодії проводилися на персональному комп'ютері з тактовою частотою процесора 2.16 GHz, обсягом оперативної пам'яті 3 Гб під управлінням операційної системи Microsoft Windows Vista.

На рис. 13.5 наведено залежність максимальної швидкості моделювання від кількості агентів під час моделювання перехрестя, що складається з 18 сегментів проїжджої частини, 3 світлофорних елементів та 250 машино-місць. Середовище моделювання здатне забезпечувати режим реального часу моделювання за 715 агентів.

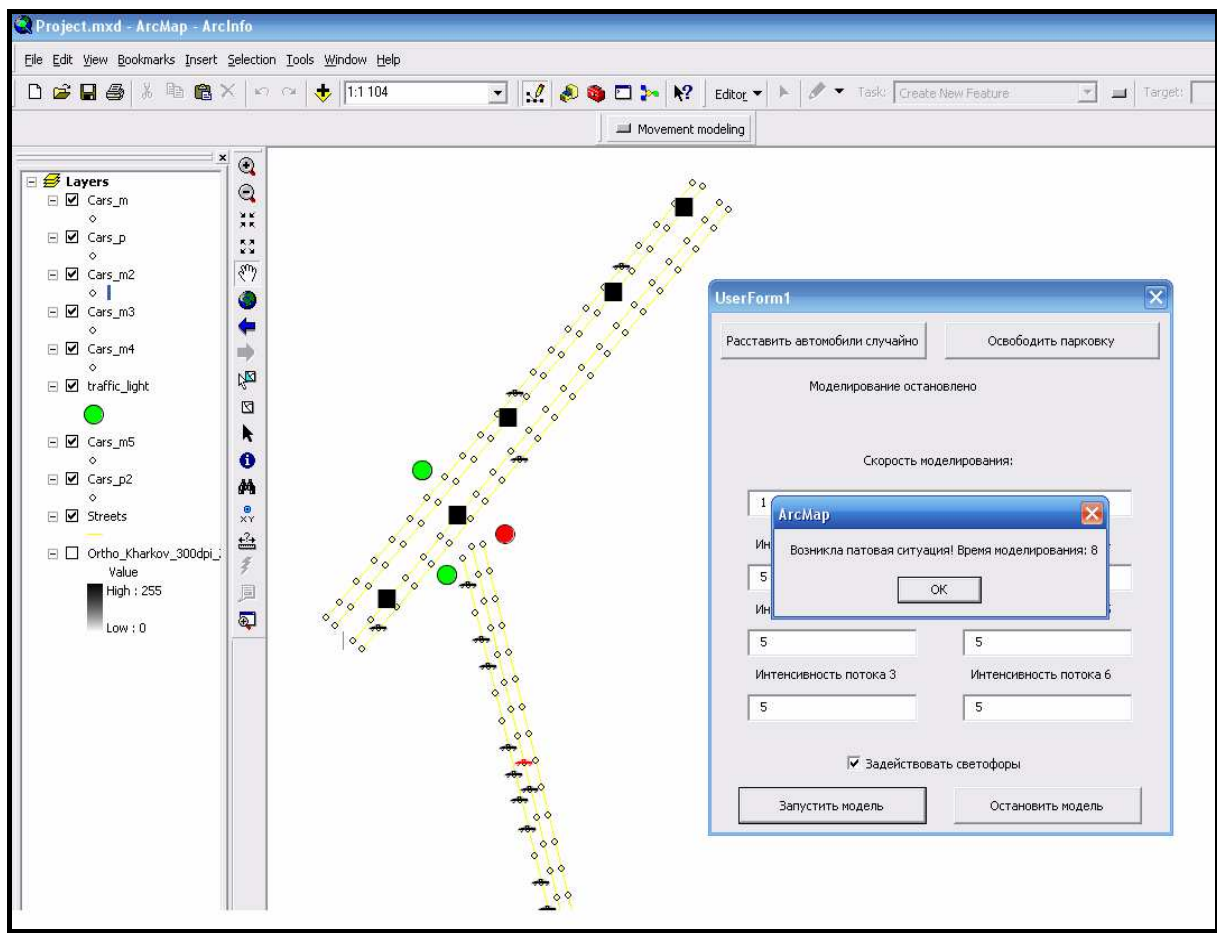


Рис. 13.4 – Моделювання руху ТЗ у вікні ArcGIS

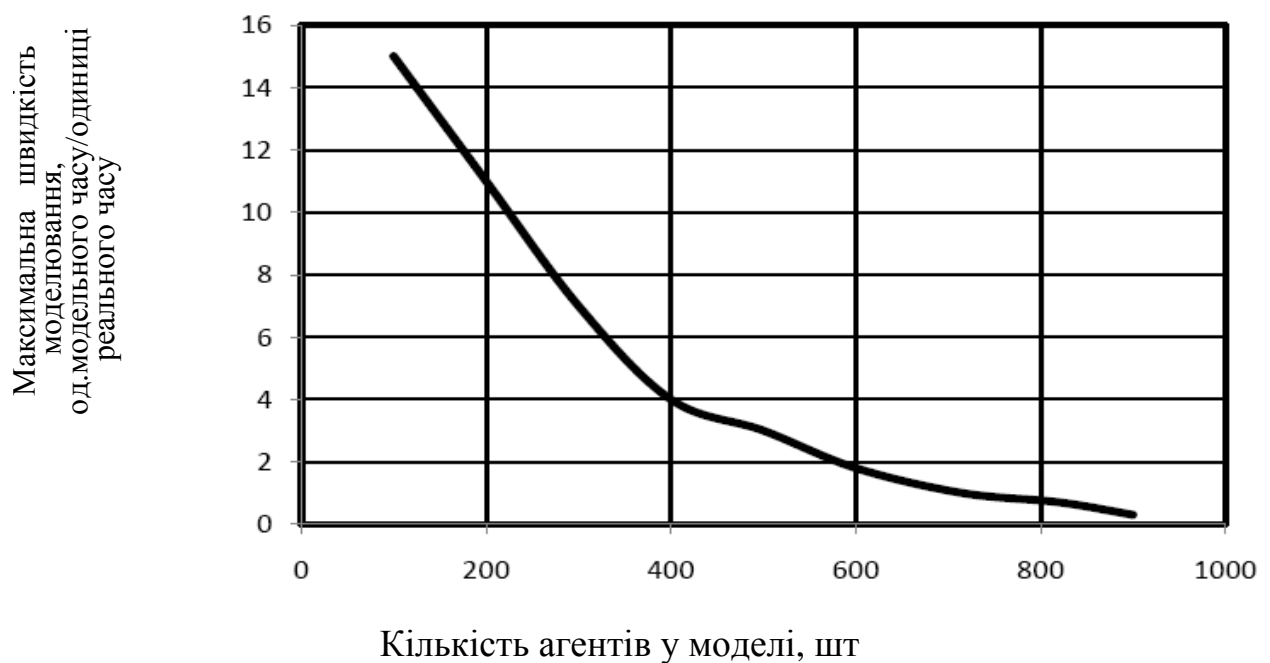


Рис. 13.5 — Дані випробувань швидкодії розробленої моделі

Доцільність дослідження руху ТЗ із використанням ПТІМ обумовлюється можливістю підвищення пропускної здатності перехрестя шляхом організації одностороннього руху на ділянці вул. Бажанова — вул. Пушкінська, без встановлення світлофорного регулювання.

Таким чином, подальше вдосконалення ПТІМ організації руху ТЗ видається доцільним. Окрім того, вона може бути підґрунтям системи підтримки прийняття рішень щодо організації дорожнього руху в умовах міста.

Створення такої системи дасть змогу запропонувати варіанти організації та реорганізації схем дорожнього руху, обґрунтувати доцільність прийнятих рішень і, як наслідок, знизити витрати на проектування об'єктів транспортної інфраструктури. Так, використання ПТІМ уможливить оцінювання ефективності варіантів організації або реорганізації дорожнього руху. До того ж з'ясується, доцільно встановлювати світлофорне регулювання на перехрестях або достатньо просто дотримуватися ПДР, що актуально для вулиць великих міст.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Малыханов А. А. Среда низкоуровневого имитационного моделирования транспортных систем / А. А. Малыханов, В. Е. Черненко // Автоматизация в промышленности. — М., 2010. — № 1. — С. 34–37.
2. Томашевский В. Н. Формализация алгоритма моделирования движения автомобильного дорожного транспорта / В. Н. Томашевский, А. М. Парамонов // Вісн. НТУ «КПІ». — Серія : Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — Місто, 2008. — № 48. — С. 156–162.
3. Benenson I. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel-Aviv. Environment and Planning B : Planning and Design. — 2002. — V. 29. — P. 491–512.
4. Bandman O. Computation properties of spatial dynamics simulation by probabilistic cellular automata // Future Generation Computer Systems. — 2005. — V. 21. — P. 633–664.

### **1.14 Розроблення нової методології, що ґрунтується на ГІС та нечіткій логіці для пошуку придатної території**

Розглянемо один із підходів до побудови моделі пошуку території (ППТ), придатної для розміщення промислового підприємства. Модель ППТ базується на використанні можливостей геоінформаційних систем. Такий підхід визначає три рівні оцінювання придатної території, пов'язані з географічним масштабом, у якому виконується просторовий аналіз.

Перший рівень оцінювання пов'язаний із визначенням регіону або групи галузей досліджуваної предметної області для ідентифікації потенційних зон розміщення промислового підприємства.

На другому рівні оцінювання визначається придатність території для розміщення підприємства з огляду на вимоги, поставлені місцевими органами влади.

На третьому рівні розглядаються проблеми потенційних зон розміщення промислового підприємства з огляду на характеристики конкретної території.

Пропонований підхід і розроблений інструментарій забезпечать підвищення якості прийняття рішень на рівні муніципального та регіонального планування. Багатокритерійний підхід дає змогу подати територіальну придатність до розміщення промислового підприємства у вигляді картографічних матеріалів.

Розміщення промислових підприємств — це засадниче питання регіонального планування, оскільки розташування впливає на економічний і соціальний розвиток, а також на навколишнє середовище, що є вирішальним чинником під час вибору території.

Придатне місце розташування промислового підприємства має зважати на широкий діапазон факторів, щоб збалансувати соціально-екологічну перевагу й екологічну стабільність регіону.

Транспортна доступність, наявність інфраструктури, її розвиненість, наявність трудових ресурсів, наближення до ринків збуту й сировинних джерел як раніше, так і зараз є визначальними факторами під час вибору територіального розміщення виробництва.

Стійкий розвиток, однак, потребує нового підходу. Щоб визначити можливі зони місцеперебування промислового виробництва, варто брати до уваги негативний вплив, який чинять під час будівництва й експлуатації підприємства.

Пропонуємо метод оцінювання придатності території, що складається з трьох головних етапів (рис. 14.1), пов'язаних із географічним масштабом пошуку придатної території. На першому формулюються завдання придатності на регіональному рівні, щоб визначити та ідентифікувати ті можливі області, які мають високий потенціал індустріального розвитку. На другому етапі розглядаються фактори, які впливають на ухвалення рішення про вибір придатної території на муніципальному рівні. Нарешті, на третьому етапі визначаються аспекти, які стосуються наявних індустріальних районів та областей, що розглядаються як потенційно придатні до розміщення промислового підприємств.

Реалізація моделі пошуку придатної території виконана на базі геоінформаційної системи ArcGIS 9.1 (рис. 14.2). ArcGIS 9.1 забезпечує просторові аналітичні функції, які дають змогу створювати графічні моделі оброблення геоданих в інтерактивному режимі, зокрема картографічні набори даних.

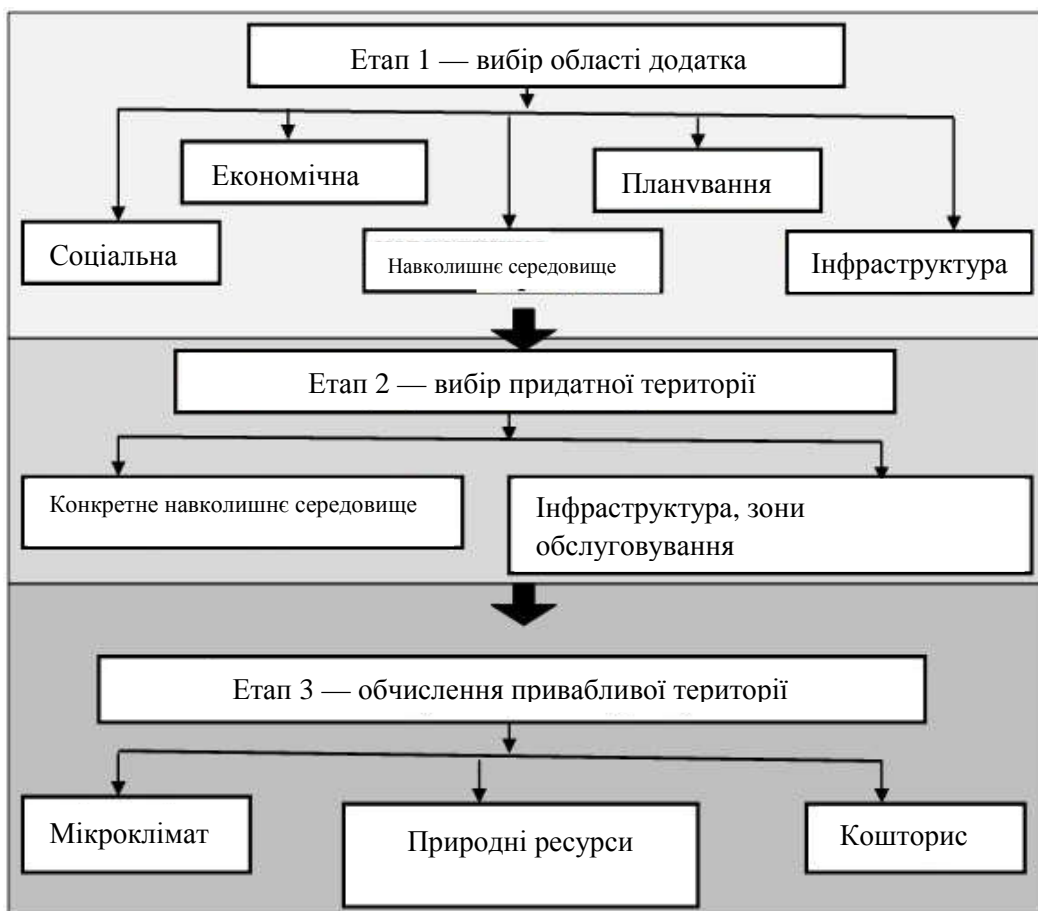


Рис. 14.1 — Концептуальна модель пошуку придатної території

Нечіткі функції використовуються для обчислення атрибутів (характеристик), пов'язаних із векторними наборами даних, відображуваних на

картах. Нечіткі правила припускають здебільшого використання лінійних, трикутних і трапецієподібних функцій належності.

Результатом застосування моделі ППТ є побудова низки тематичних карт, що можуть надати допомогу особам, які приймають рішення, щодо вибору того чи іншого рішення під час розміщення промислового підприємства на території.

У цей час питанню застосування нечітких множин для вирішення аналітичних завдань у ГІС приділяється особлива увага. Зростаючі інформаційні потоки в сучасному суспільстві, різноманітні інформаційних технологій, підвищення складності розв'язуваних просторових завдань збільшують навантаження на особу, яка приймає рішення (ОПР), і потребують перенесення проблеми вибору та прийняття рішень із людини на сучасні інформаційні технології. Одним із шляхів вирішення цього завдання є застосування аналітичних систем, які можуть бути складником ГІС. Просторові системи, що ґрунтуються на нечітких множинах, зокрема ГІС, дають ОПР змогу:

- поєднувати знання про конкретну предметну область та досвід експертів у вигляді лінгвістичних змінних, використовуючи їх на етапі просторового аналізу;

- управляти невизначеністю в системах підтримки прийняття рішень;

- формалізувати нечітко сформульовані проблеми в завданнях прийняття рішень.

Розглянемо завдання розміщення гіпотетичного промислового підприємства в межах міської межі. Критерій розташування підприємства можна сформулювати у вигляді лінгвістичної змінної: «якщо місце розташування рівнинне або має невеликий схил і розміщене поблизу дороги й міської межі, то така територія придатна для розташування промислового підприємства».

Щоб ухвалити рішення, яке ґрунтується на цьому нечіткому формулюванні, людині потрібно небагато часу. Одержати відповідь на таке нечітке питання засобами ГІС, однак, неможливо. У термінах логічних змінних запит на розміщення підприємства в міській межі можна сформулювати досить точно:

територія придатна, якщо (ухил нижче ніж 20 %) і (віддаленість від доріг нижче ніж 1000 м), і (віддаленість від міської межі нижче ніж 5000 м).

На рис. 14.3, а, б наведено растри наближеності до доріг і до міста. Усі вихідні дані отримані засобами ГІС.

Із метою одержання відповіді на запит про розташування гіпотетичного промислового підприємства потрібно виконати оверлейні операції з логічним оператором AND над трьома вихідними растрами. Результат виконання запиту подано на рис. 14.4, а.

З використанням нечітких множин запит для пошуку підходящої території можна сформулювати в такому вигляді: якщо ухил незначний або ухил помірний, а відстань поблизу дороги і поблизу міської межі, то територія придатна для розміщення промислового підприємства.

Із метою вирішення цього запиту з нечіткими логічними змінними побудовані відповідні функції належності для кожного критерію, який бере участь у нечітко сформульованому запиті (рис. 14.5, а, б, с, d).

Результат виконання запиту, побудованого за допомогою нечітких множин, наведено на рис. 14.4, б. Особа, яка приймає рішення (ОПР), не має можливості вибору гіршого або кращого варіанта для розміщення підприємства, оскільки результат логічного аналізу набуває значення 1 або 0, що характеризує, підходить місце розташування чи ні.

Запит, побудований на підставі нечітких множин, надає ОПР інформацію з високою точністю, тому що кожне місце розташування підприємства має ступінь придатності (табл. 14.1). Таблиця містить результати, що характеризують придатність території для розміщення підприємства.

Пропонований підхід, що застосовує нечітку логіку для формування та оброблення запитів у середовищі ГІС ArcGIS 9.1, реалізований у вигляді програмного модуля. Використання нечіткої логіки під час оброблення просторової інформації дає змогу запобігти втраті інформації, що виникає в разі оброблення даних за допомогою звичайних методів класифікації.

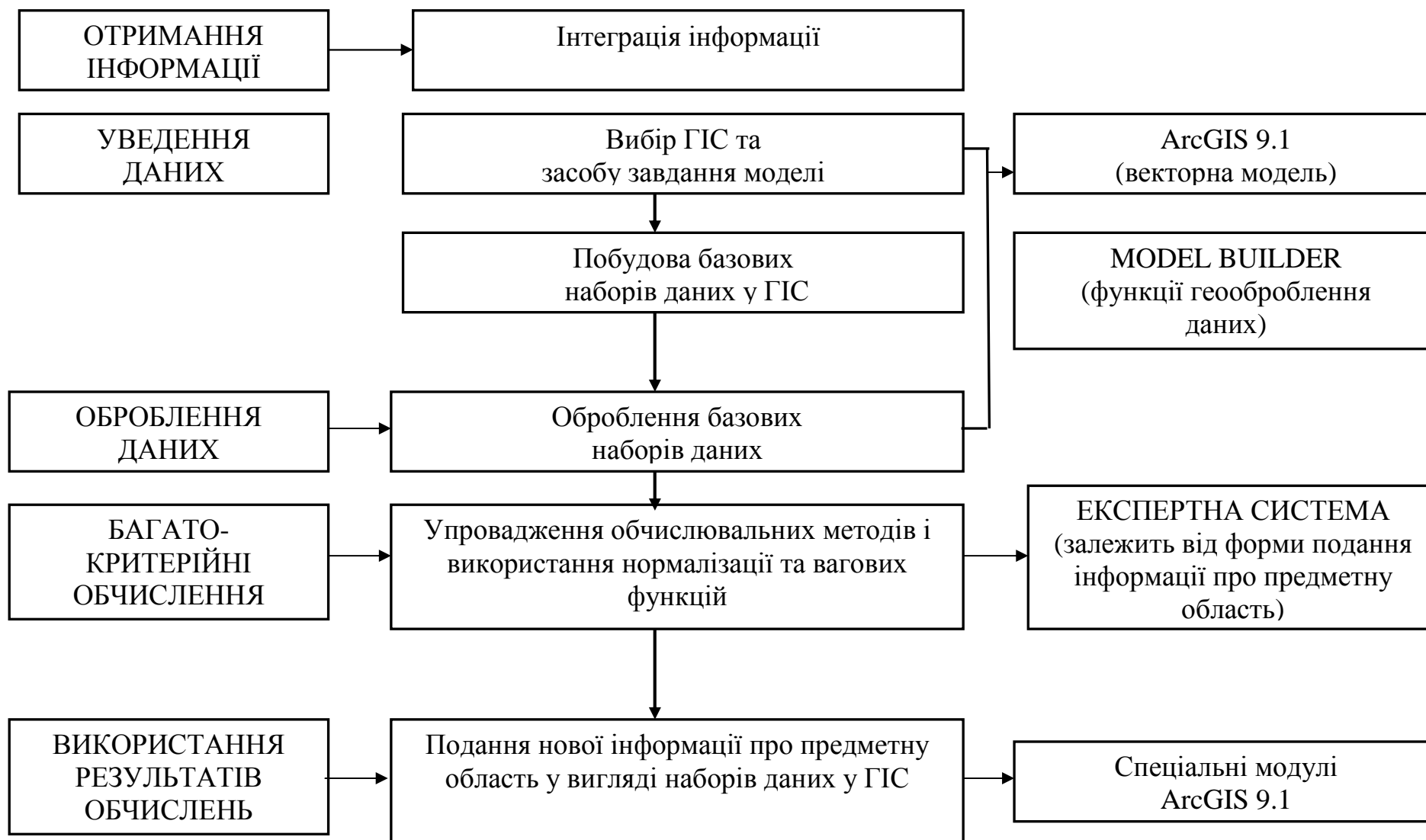
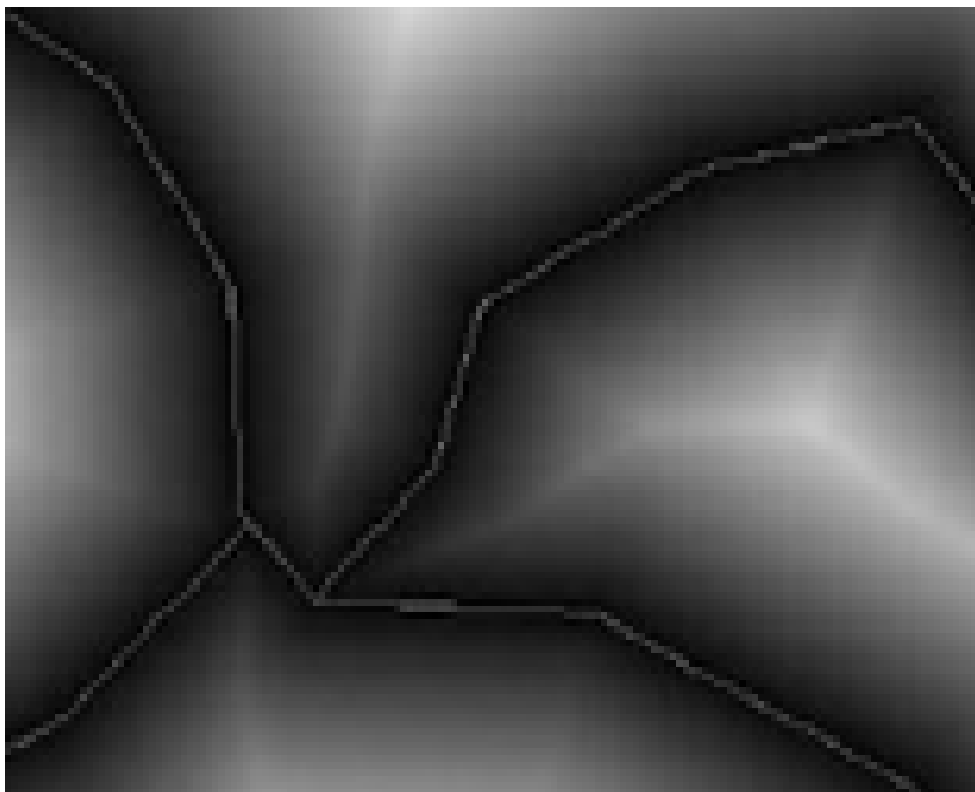
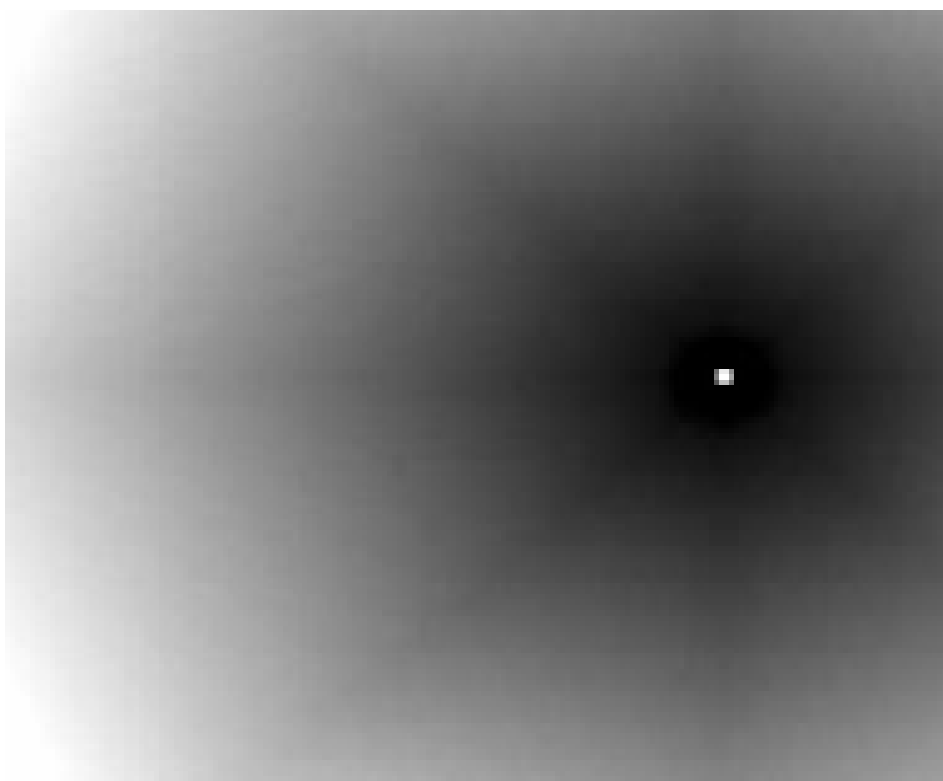


Рис. 14.2 — Методологічний підхід до реалізації моделі пошуку придатної території



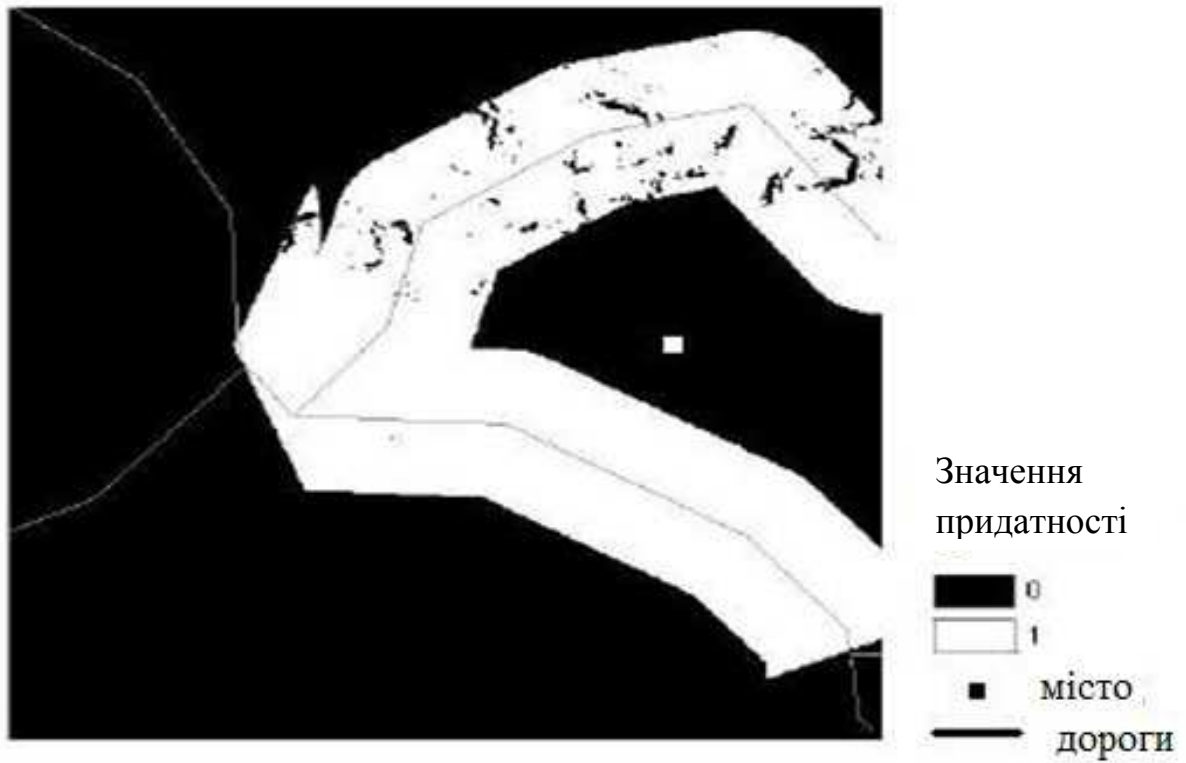


a)

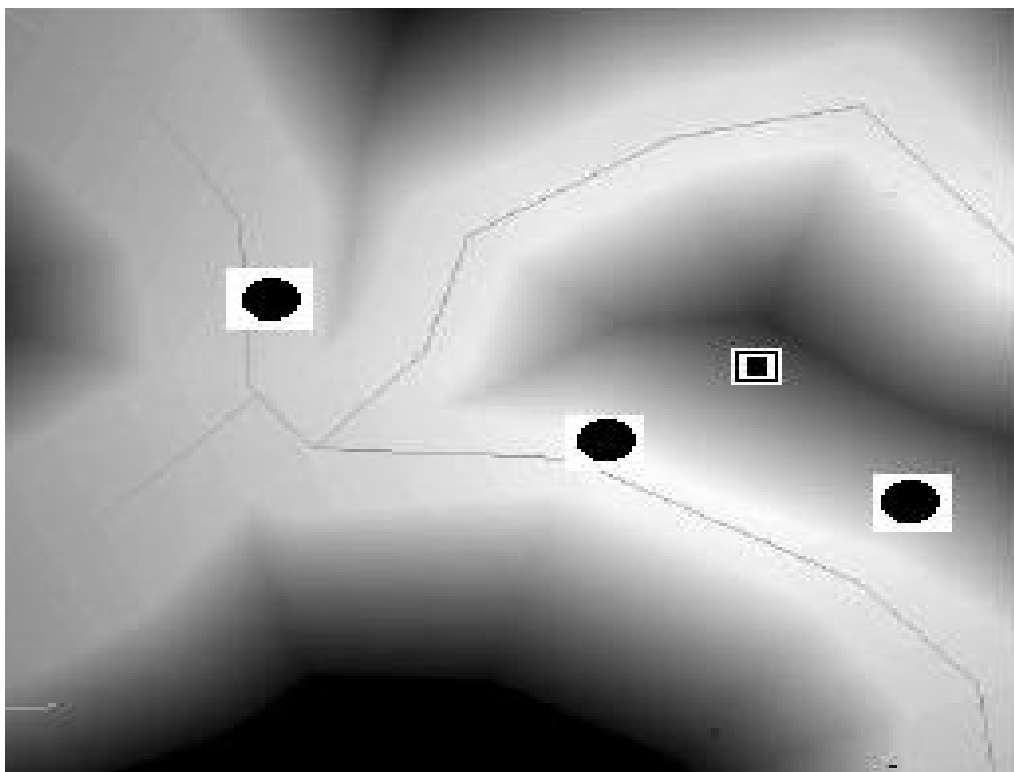


b)

Рис. 14.3 — Назва: а — відношення наближення до доріг;  
b — відношення наближення до міста

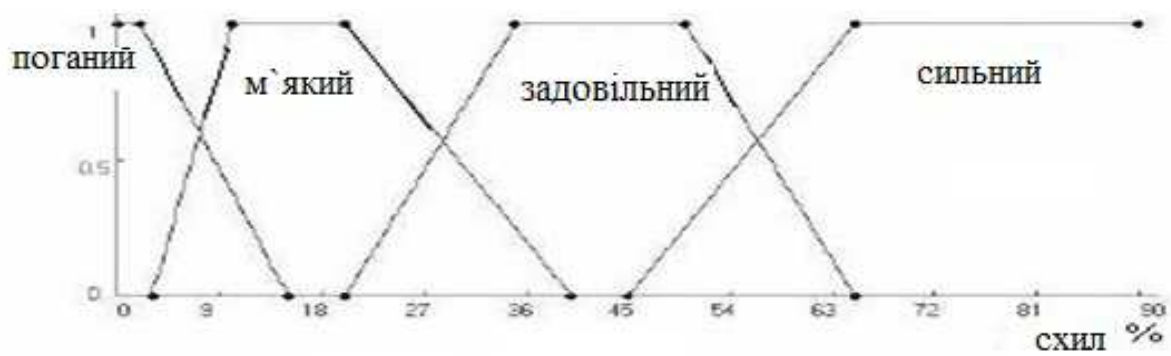


a)

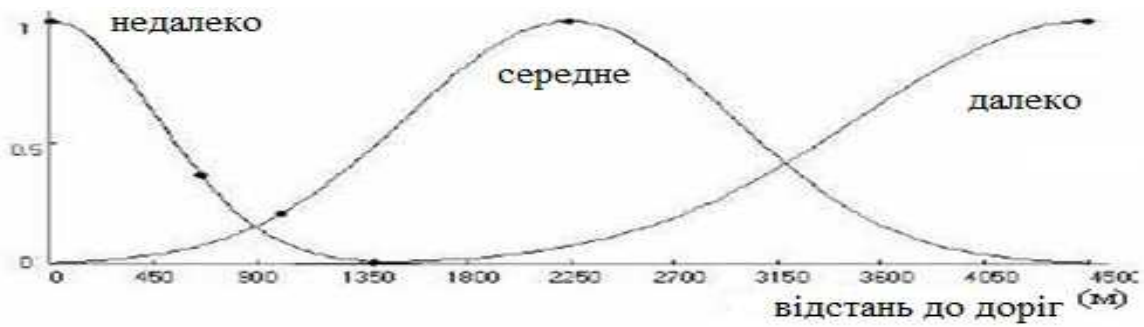


b)

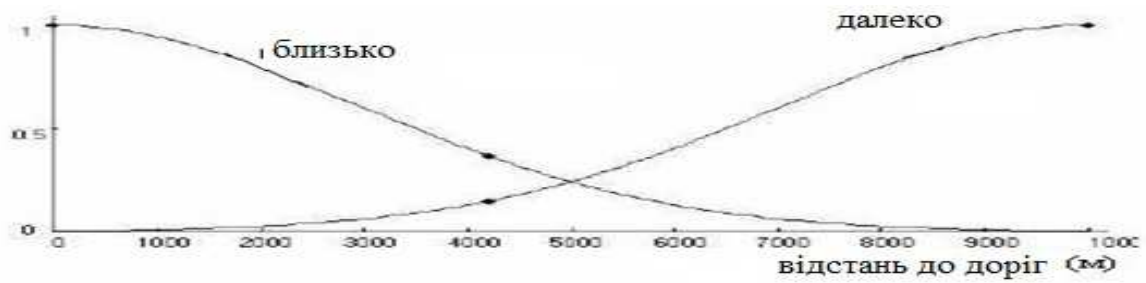
Рис. 14.4 — Назва: а — результат логічного аналізу для пошуку місця розташування підприємства; б — те саме із застосуванням нечітких множин



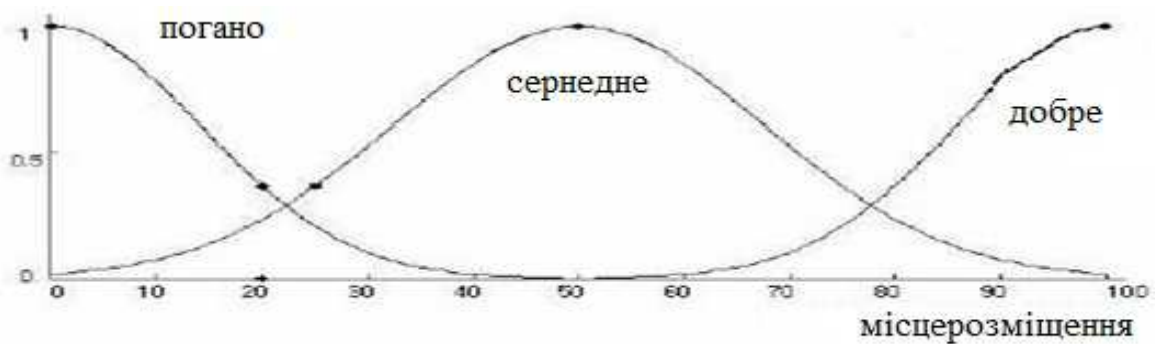
a)



b)



c)



d)

Рис. 14.5 — Функції належності: а — м'якого ухилу; б — близько до доріг; в — близько до міста; д — місце розташування підприємства

Таблиця 14.1

Місце розташування	Ухил, %	Відстань до доріг, м	Відстань до міста, м	Результат, що ґрунтується на логічних обчисленнях	Результат, що ґрунтується на нечітких обчисленнях
А	3.0	300	4953.1	1	77
В	1.4	995.7	2352.4	0	70
С	1.1	50	2197.3	1	90

Таким чином, класична теорія множин, яка використовується у програмних продуктах ГІС, задає фіксовану точність для інформації, що, власне, є невизначеною. Нечітка логіка дає змогу визначити шляхи подання невизначеності реального світу. ГІС, побудовані на нечіткій логіці, допомагають ОПР приймати рішення на підставі знань і досвіду експертів певної сфери.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М. : Наука. 1981. — с.
2. F. Wang G. B. Hall, Fuzzy representation of geographical boundaries in gis, Int. Journal of GIS.
3. Yanar T. A. The enhancement of the cell-based gis analyses with fuzzy processing capabilities Middle East Technical University Msc. thesis:

### 1.15 Створення мультимедійних атласів територій як напрям геоінформаційного картографування

Сьогодні в тематичній картографії формується новий напрям багатомасштабного геоінформаційного картографування, пов'язаний із відображенням великих міських архітектурних комплексів, територій історичних пам'яток і заповідників, монастирів, кремлів, музеїв тощо. Карти цих об'єктів мають як довідкове, туристично-красознавче, так і архітектурно-планувальне значення, а саме: картографування перебуває на межі

картографування міст із елементами кадастрового оцінювання, туристичного та довідкового картографування. Окремим аспектом цього напрямку є створення карт і атласів університетських містечок. Наразі в Україні та світі складено сотні карт, схем, космофотокарт, тривимірних моделей та інших картографічних продуктів, які моделюють університетські містечка. Найбільші університети Європи та Америки намагаються подати свої навчальні заклади найкращим чином. Із цією метою вони забезпечують картографічні моделі гарним довідковим апаратом. Такі зображення мають рекламний характер і водночас використовуються під час вирішення завдань із благоустрою, планування територій, організації транспорту. Окрім того, ними активно послуговуються адміністрація та господарські служби університетів.

Особливу роль у формуванні нового напрямку відіграє інтеграція геоінформаційних, мультимедійних і телекомунікаційних технологій (рис. 15.1). Вони дають змогу оперативно доповнювати карти відповідно до зміни ситуації на території, надавати користувачам тривимірні зображення будинків і споруд, розміщувати фотографії, відеокліпи, а головне — довідкові та історичні матеріали.

Важливе значення для розвитку нового напрямку мають телекомунікаційні технології, що забезпечують користувачам різного рівня підготовленості широкий і зручний доступ до сайтів.

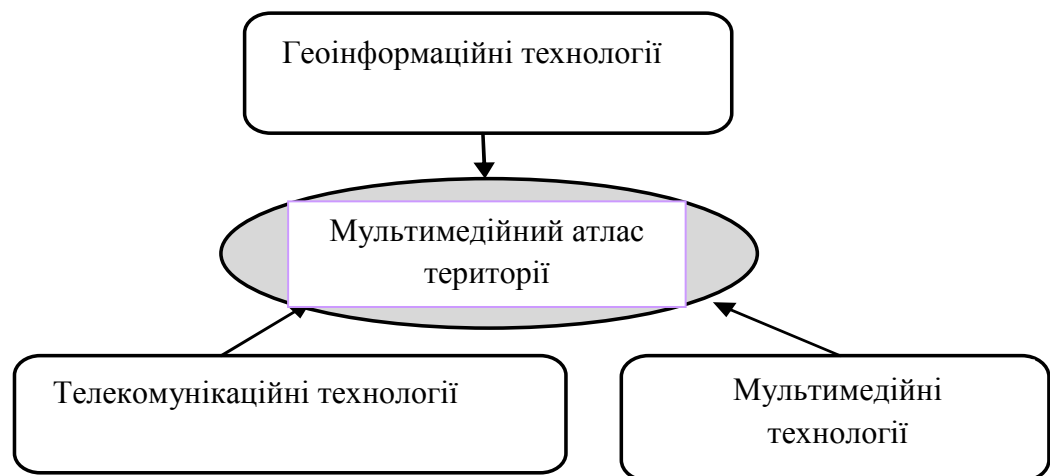


Рис. 15.1 — Інтеграція геоінформаційних, мультимедійних і телекомунікаційних технологій

Незважаючи на активний розвиток цього напрямку, методичні розробки в згаданій галузі поодинокі, а узагальнювальні дослідження майже відсутні. Немає робіт із комплексного атласного картографування університетських містечок. Усе це спричиняє актуалізацію проблеми наукового узагальнення досвіду геоінформаційного картографування університетських містечок як частини методики створення електронного міста.

Так, територія Харківського національного університету міського господарства (ХНУМГ) є складною територіально розподіленою системою. Просторові об'єкти нерухомого майна (12 земельних ділянок, розташовані на них будинки та споруди, приміщення, інженерні мережі та устаткування) складають єдиний майновий комплекс.

Використання геоінформаційних технологій для картографування майнового комплексу передбачає проходження таких етапів:

- збирання й аналіз інформації (матеріалів аерофотознімання, топографічних планів масштабу 1:500, правовстановлювальних документів на земельні ділянки, технічних паспортів будинків, будівельної документації на будинки, матеріалів польових обстежень і вимірювань);

- просторова прив'язка планів будинків;

- побудова схем приміщень (для кожного поверху) і конструктивних елементів (наприклад вісім навчальних корпусів уміщують 1655 приміщень і 11290 конструктивних елементів);

- інтеграція поверхонь будинків у єдину просторову модель майнового комплексу;

- розроблення структури даних для вирішення управлінських завдань. Структура даних ґрунтується на створенні класифікаторів та ідентифікаторів;

- реалізація бази геоданих як об'єктно-орієнтованої моделі, що описує інформаційну структуру та просторове розташування майнового комплексу вишу;

- розроблення інтерфейсу користувача мультимедійного атласу території вишу.

Інтерфейс користувача дає змогу вирішувати такі завдання:

- розподіляти права доступу користувачів;

- оперативно і якісно одержувати довідкову інформації з просторових об'єктів навчального закладу;

- за потреби одержувати плани земельних ділянок і будинків;

- одержувати плани кожного поверху будинка;

- провадити пошук аудиторії та гуртожитків;
- редагувати за потреби атрибутивну інформацію;
- визначати просторові характеристики об'єктів;
- оптимізувати розміщення різних об'єктів на території ХНУМГ;
- обліковувати устаткування.

Програмний інтерфейс користувача складається з панелі інструментів і керівного вікна із шістьма закладками:

- *Velcome*: забезпечення рівнів доступу до інформації;
- *ViewAcademy*: дає змогу вибирати та переглядати плани навчальних корпусів;
- *Edit*: призначена для редагування інформації про приміщення;
- *FindRoom*: дає змогу знайти приміщення за ідентифікаційним кодом або назвою аудиторії;
- *Query*: дає змогу вибирати об'єкти з бази геоданих за різними критеріями за допомогою вбудованих закладок: *Приміщення, Ділянки, Будинки, Підрозділи, Кадри, Устаткування, Ремонт, Телефон*.

Інтерфейс спеціалізованих інструментів відкритий для подальшого розвитку та інтеграції з наявною підсистемою *Розклад занять*. На рис. 15.2 подано фрагмент картографування майнового комплексу Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Сучасні візуальні ефекти, які використовуються в картографуванні, дають змогу створювати тривимірні моделі території всього Університету, окремих будинків і їхніх частин. Такі моделі дають найбільш повне уявлення про внутрішню структуру установи та використання приміщень. У 3D-модель ХНУМГ можна інтегрувати просторові моделі транспортних та інженерних мереж і відображати їх у тривимірному просторі (рис. 15.3).

Створення та розроблення мультимедійного атласу ХНУМГ дасть змогу зробити комплексне подання щодо природних умов території Університету, усіх будинків, спортивних та інших споруд, їхнього стану й функцій.

Атлас може використовуватися з довідковою, ознайомчо-туристичною та навчальною метою. Окрім того, він сприяє ефективнішому управлінню інженерною інфраструктурою та вирішенню транспортних завдань корпусів Університету.



Рис. 15.2 – Фрагменти картографування майнового комплексу ХНУМГ

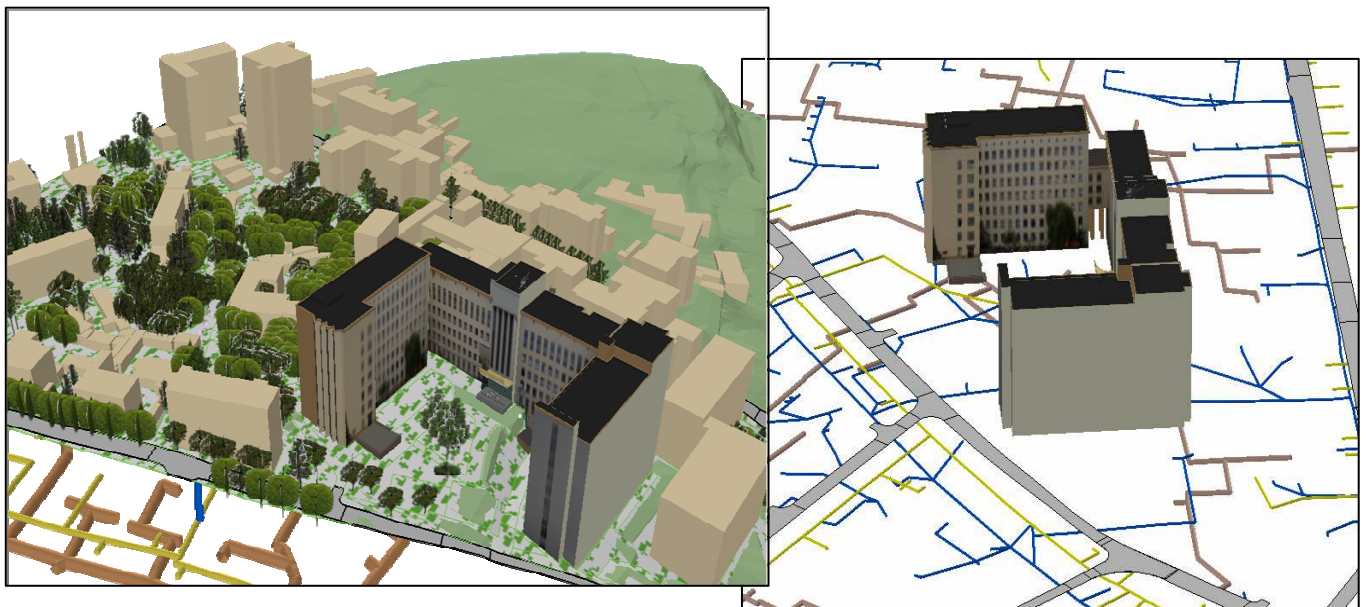


Рис. 15.3 – Фрагменти 3D-моделі університету



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грабовець Д. В. Використання геоінформаційних технологій для управління вищим навчальним закладом / Д. В. Граб овець, А. А. Євдокімов, О. В. Постоєнко, В. Д. Шипулін // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2009. — № 38. — С. 67—69;
2. Wurlander R. Photorealistic terrain visualization using methods of 3D-computer-graphics and digital photogrammetry / // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. — Vol. XXXI, — Part B4. — Vienna, 1996. — PP. 972—977.

### **1.16 Моделювання розвитку агломерації на базі теорії однорідних структур**

Особливість агломерації полягає в неможливості створення: її формування умовлюється історичною розбудовою території та наявними поселеннями в певній географічній межі. Ефективний розвиток агломерацій потребує, однак, державних ресурсів і управлінського впливу. Стихійний розвиток («так зване розповзання міст») спричиняє відовсім негативні наслідки: дорожні затори, збільшення витрат на утримання і наявних і будівництво нових вулично-дорожніх мереж та інфраструктури, значні відмінності в доходах між муніципалітетами на периферії й у центрі.

Головною метою моделювання розвитку міських систем є прогнозування міського планування та забезпечення стійкого розвитку територій. Науково обґрунтований підхід до планування й управління просторовим розвитком міських територій має ґрунтуватися на правильному розумінні динамічних процесів розвитку міських систем: з минулого в майбутнє крізь сьогодення [3].

Розглянемо питання моделювання розвитку міста за допомогою теорії однорідних структур [1, 2]. Однією з важливих передумов, що стимулювали поширення теорії однорідних структур, є нагальна потреба в розробленні середовища моделювання процесів просторового розвитку міських систем.

Міський розвиток варто розглядати як перехід від переважно неміського ладу до міського, який уможлиблюється завдяки збільшенню наявних міських поселень і розвитку нових міст. Люди скупчуються в міських районах, намагаючись одержати кращий доступ до товарів, обслуговування. Загалом ідеться про задоволення потреб у сприятливих умовах життя та престижній і добре оплачуваній роботі.

Із огляду на це стає зрозумілим, чому фінансове, соціальне й культурне життя розцвітає у великому міському просторі, залучаючи все більшу кількість населення до життя, роботи, виробництва та споживання в міському просторі.

У 2007 році 50 % світового населення мешкало в крупних і малих містах, що, за приблизними підрахунками спеціалістів, складає більше 60 млн осіб. До того ж подібні показники прибуття людей у міста зберігатимуть найближчі 30 років [3].

Зміни у фінансовій і соціальній активності в місті, потреба в розміщенні прибулого населення, тобто внутрішня міграція, поява нової й зміна наявної соціальної активності населення спричиняють реорганізацію замлекористування, актуалізують питання зведення житлових, промислових та офісних будівель, створення нових зон обслуговування відповідно до сучасних вимог.

Управління розвитком агломерації є одним із найбільш важливих та важко розв'язуваних завдань. Щоб забезпечити ефективне регулювання міських процесів, пов'язаних із територіальним розвитком міста, потрібно звернутися до системного підходу під час математичного моделювання.

Дослідження просторової організації міста реалізовано у вигляді програми-симулятора, що ґрунтується на теорії однорідних структур (ТОС). Витоки цієї програми знаходимо в роботах таких сучасних кібернетиків та математиків, як Джон фон Нейман, С. Улам, Е. Мур [1]. Симулятор є програмним комплексом у середовищі розроблення VBA ArcGIS 9.3.

Однорідні структури становлять високо формалізовані моделі абстрактних об'єктів, які розвиваються за простими й уніфікованими правилами взаємодії. Простір однорідних структур — це регулярні структури, у яких кожна клітинка репрезентує окремий елемент (елементарний осередок), що припускає винятково скінченну кількість станів [5,6].

Формально однорідна структура визначається як упорядкований квартет елементів:

$$OC = \langle Z^d, A, \tau^{(n)}, X \rangle, \quad (16.1)$$

де  $Z^d$  — множина цілочислових решіток  $E^d$  у просторі, у якому кожен елемент використовується для просторової ідентифікації одиничних автоматів. Водночас компонента  $Z^d$  визначає однорідний простір структури, у якому вона функціонує;

$A$  – кінцева непорожня множина, яка визначається за алфавітом внутрішніх станів одиничних автоматів структури, що є множиною станів, яких може набувати кожен елементарний автомат структури;

$\tau^{(n)}$  – локальна функція переходів (ЛФП), що задає стан кожного одиничного автомата структури в момент часу  $t$  на підставі станів усіх сусідніх автоматів (згідно з індексом сусідства  $X$ ) у момент часу  $(t - 1)$ ;

$X$  – індекс сусідства структури, що становить упорядкований кортеж  $n$  елементів і використовується для визначення клітинкових автоматів-сусідів, із якими цей одиничний автомат безпосередньо пов'язаний інформаційними каналами, тобто обмінюється інформацією.

Розглянемо динаміку розвитку території міста Харкова. Під час моделювання використовувалися дані, отримані з аерофотознімків, космічних знімків сучасної забудови міської території та планів історичної забудови міста (рис. 16.1).

Математична модель має такий вигляд:

$Z^2$  – 2-ОС простір розмірності  $n \times n$ ;

$i, j$  – координати чарунки,

$$\begin{aligned} \text{де} \quad & 0 \leq i \leq n, \\ & 0 \leq j \leq n, n \in N. \end{aligned} \quad (16.2)$$

У нашому випадку  $N = 10300$ .

На початковий момент часу маємо чотири види об'єктів: «Об'єкт забудови», «Об'єкт залізниця», «Об'єкт ріки», «Об'єкт дороги (магістралі)».

Позначимо в загальному вигляді множину всіх видів об'єктів, які використовуються у моделі, як:

$$\square = \{ g_k^{(i_n, j_n)} | (i_n, j_n) \in Z^2, n \in N, k = \overline{1,4} \} \quad (16.3)$$

де  $k$  – загальна кількість видів об'єктів  $\square$  на початковий момент часу;

$(i_n, j_n)$  – індекси об'єкта виду  $\square$ , що характеризують розташування цього об'єкта в ОС-просторі  $Z^2$ .

Для кожного об'єкта має виконуватися така нерівність:

$$(\forall_{v,w} \in N | g_k^{(i_n, j_n)} (|i_v - i_w| + |j_v - j_w| > 0)), \quad (16.4)$$

(16.4) означає, що кожен об'єкт в ОС-просторі  $Z^2$  має окрему чарунку.

Найбільш імовірнісним підходом до розгляду хронології розвитку міської території є врахування ландшафтних особливостей місця розташування міста. На позначення річок, залізниць, транспортних магістралей і місць, не придатних для будівництва за топографічними особливостями, використовуються «мертві зони» — обмежені ділянки. У таких «мертвих зонах» неможлива поява об'єктів

забудови. На рис. 16.1 для просторового моделювання розвитку міської території наведено отримані внаслідок векторизації картографічної інформації й оброблення космічних знімків засобами геоінформаційних технологій.

Функціонування моделі здійснюється в дискретній шкалі часу  $t = 0, 1, \dots$  та визначається локальною функцією переходу (ЛФП)  $\tau^{(n)}$ , що визначає стан кожного одиничного автомата в момент часу  $t$  на підставі станів усіх сусідніх автоматів у момент часу  $(t - 1)$ .

У моделі використовується класичний шаблон сусідства Е. Ф. Мура (рис. 16.2).

Більш докладна побудова алгоритмів моделювання у класичних однорідних структурах викладена в роботах [6, 7].

Функціонування в ОС-просторі виконується в дискретній шкалі часу та визначається ЛФП, які задають стан кожного одиничного автомата структури в момент часу  $t$  на підставі станів усіх сусідніх автоматів (у нашому випадку згідно з шаблоном Е. Ф. Мура) у момент часу  $(t - 1)$ . Інакше кажучи, ЛФП визначають, за яким правилом ділянки міського простору змінюватимуть свій стан. Отже, правила визначають характер процесу розвитку в цьому локальному просторі.

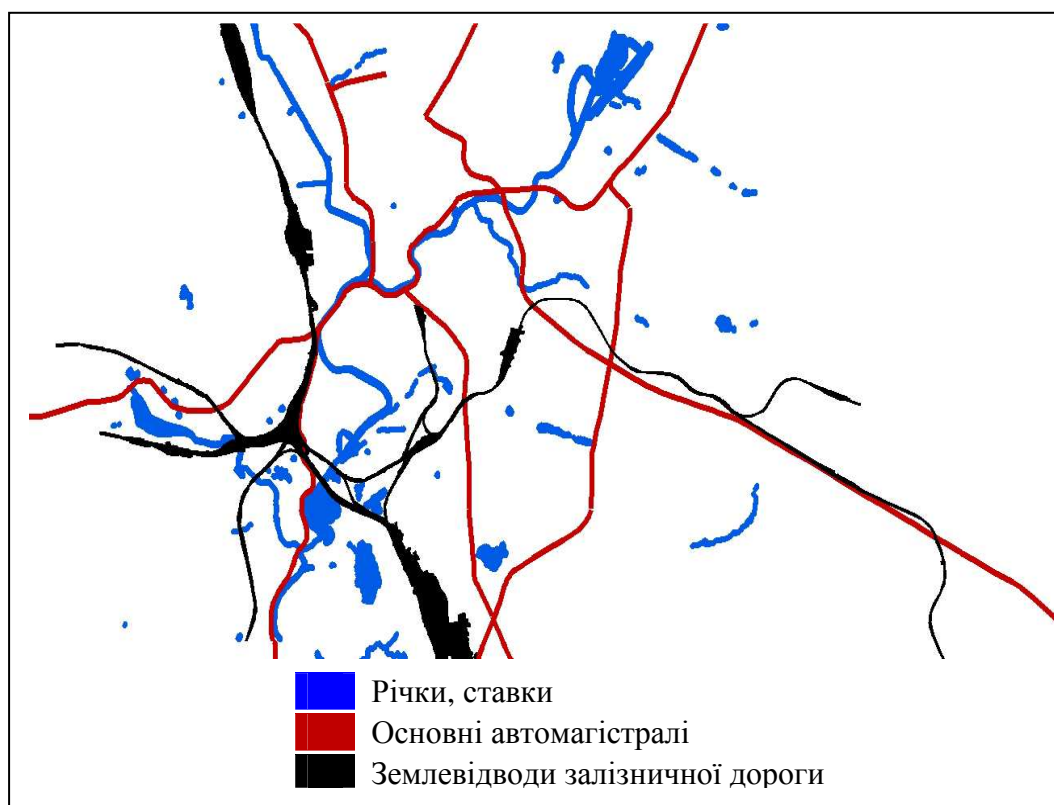


Рис. 16.1 — Вхідні дані для просторового моделювання розвитку міської території

		-1, 1	0, 1	1, 1		
		-1, 0	0, 0	1, 0		
		-1, -1	0, -1	1, -1		

Рис. 16.2 — Шаблон сусідства Е. Ф. Мура

Згадані правила зазвичайно подані у вигляді набору продукцій «ЯКЩО — ТО», які, по суті, достатньо прості. Сукупність таких простих конструкцій дає змогу моделювати складні процеси просторового розвитку міської системи [7].

Деякі правила у вигляді продукцій «ЯКЩО—ТО», реалізовані в цій моделі, наведено в таблицях 16.1—16.3.

Таблиця 16.1

Правило № 1

ЯКЩО	<i>У шаблоні сусідства Мура існує три або більше розроблених земельних ділянки з-поміж земельних ділянок, що належать до приміської зони</i>
ТО	<i>Земельні ділянки, що належать до приміської зони, будуть переведені у стан, що відповідає стану ділянок міської зони</i>

Таблиця 16.2 — Правило № 2

ЯКЩО	<i>У шаблоні сусідства Мура існує одна або дві розроблених земельних ділянки з-поміж земельних ділянок, що належать до приміської зони, і ними проходить транспортна магістраль</i>
ТО	<i>Земельні ділянки, що належать до приміської зони, будуть переведені у стан, що відповідає стану ділянок міської зони</i>

Таблиця 16.3 — Правило № 3

ЯКЩО	<i>У шаблоні сусідства Мура існує одна або дві розроблених земельних ділянки з-поміж земельних ділянок, що належать до приміської зони, і ними проходить залізниця</i>
ТО	<i>Земельні ділянки, що належать до приміської зони, будуть переведені у стан, що відповідає стану ділянок міської зони</i>

Із огляду на локальні правила 16.1—16.3 сценарій розвитку міського простору на розглянутій території наведено на рис. 16.3. Відбито стан до моделювання (рис. 16.3, а) і результат моделювання (рис. 16.3, б), отриманий на 353 ітерації.

Із метою перевірки адекватності цієї моделі розглянемо відповідність результатів, отриманих під час моделювання, наявним планам міста Харкова. На рис. 16.4 подано результати моделювання динаміки міської забудови та картографічних даних на початку ХХ століття й у 2004 році. Ця модель дає змогу одержати достовірну інформацію про динаміку зростання території міста.

Отже, розвиток території міста визначає середовище життєдіяльності населення і тому має велике значення для суспільства. Зважаючи на це, містобудівні проекти мають бути максимально відкритими та схваленими містянами. Із метою узгодження цілей і завдань містобудівного розвитку із щонайбільшою кількістю населення різних верств, діловими колами й міською владою потрібне максимально відкрите обговорення генерального плану та всіх містобудівних рішень [4]. Таким чином, використання розглянутих моделей із огляду на наявні ресурсні обмеження дасть змогу виробляти адекватніші, доцільніші рішення в галузі стратегічного управління розвитком території міста.

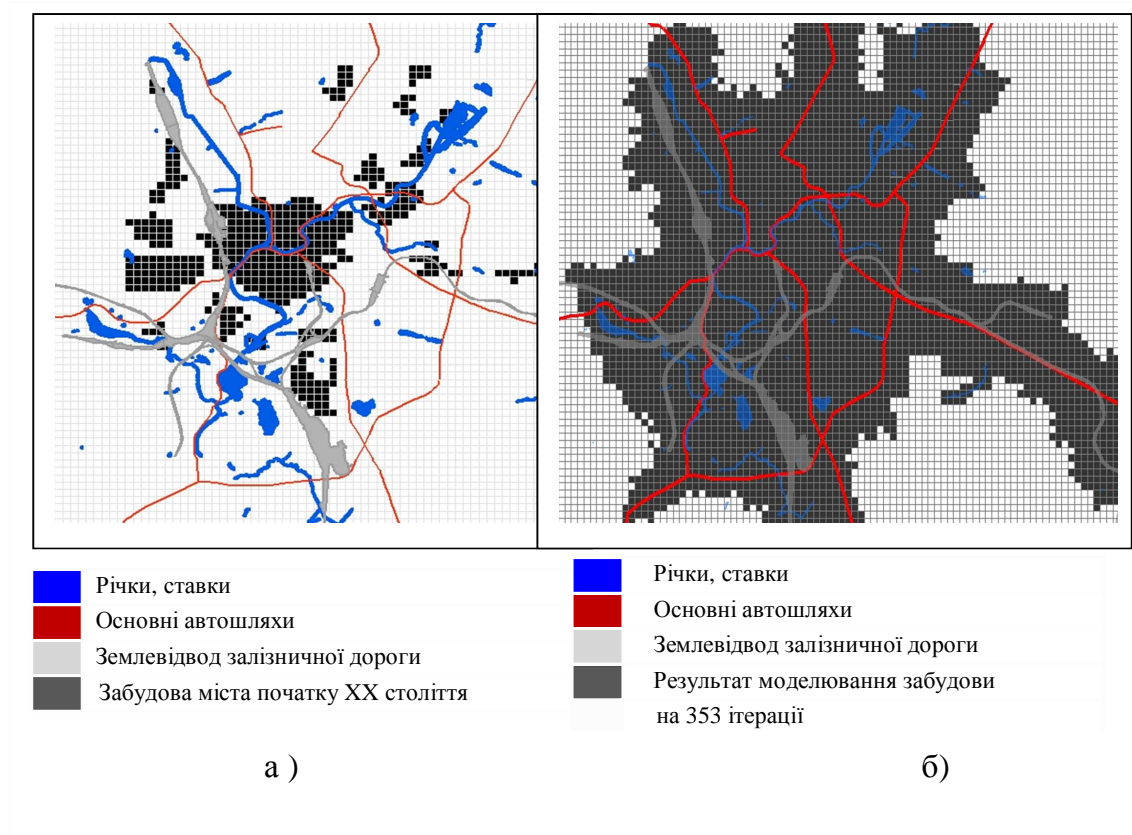
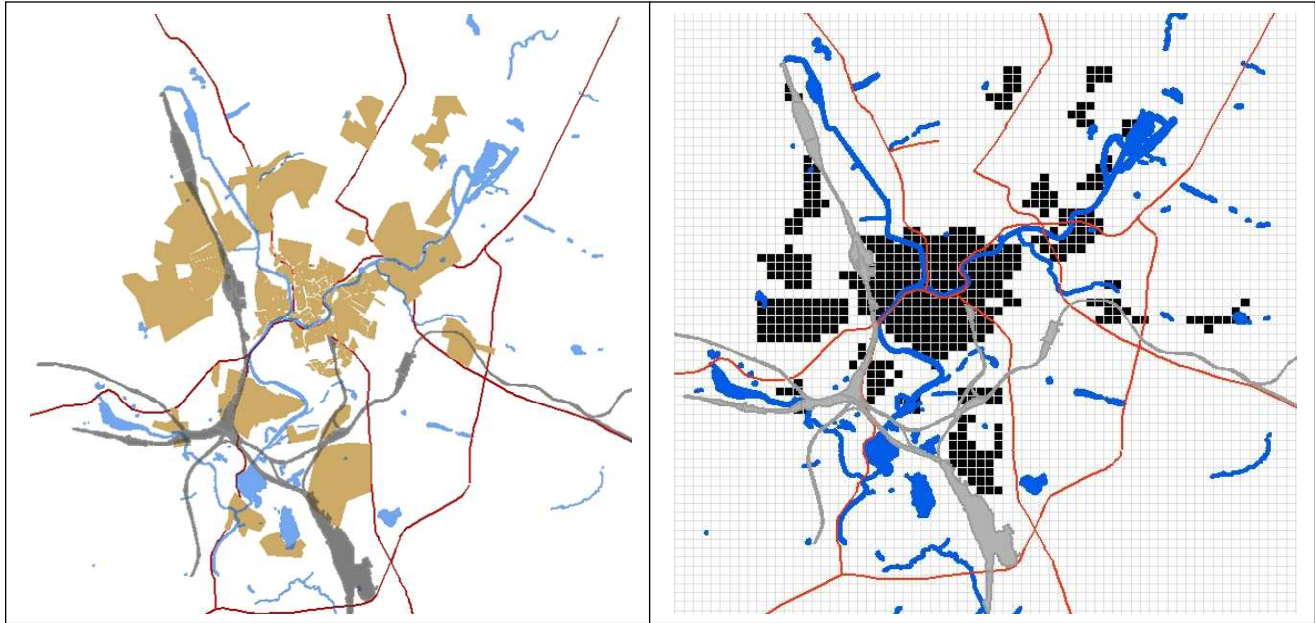


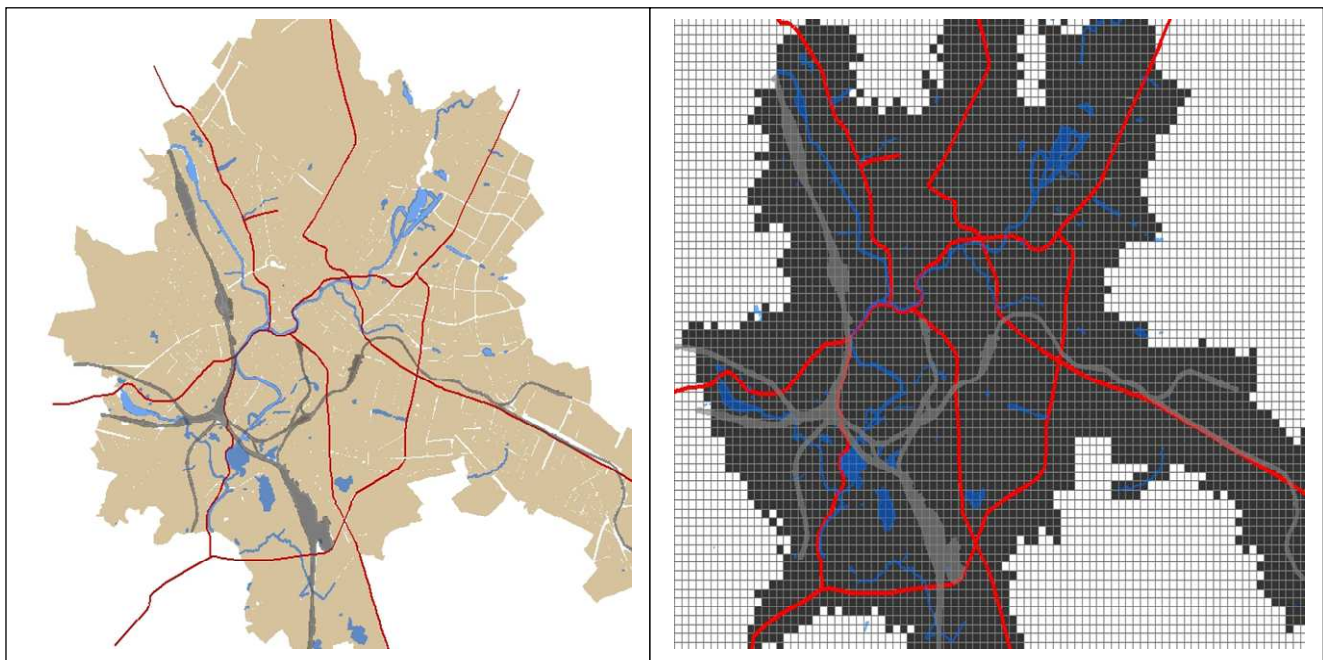
Рис. 16.3 – Початковий стан (а) та результат (б). Моделювання розвитку міської території за допомогою однорідних структур





а)

б)



в)

г)

Рис. 16.4 — Зіставлення результатів моделювання динаміки міської забудови та картографічних даних у різний час:  
а — забудова міста на початку XX століття; б — модель забудови;  
в — 2004 рік; г — модель, отримана на 353 ітерації

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аладьев В. З. Прикладные аспекты теории однородных структур / VIII статус. математ. конф. Ч. 3. — 19-24 июня, 2000 г. — Минск : — С. 209—229.
2. Никулина Ю.Н. Функциональное пространство города и городское управление / Ю. Н. Никулина // Науч. тр. акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. — Минск:, 2008. — Т. 2. — С. 123—129.
3. Waddell P. Integrated land use and transportation planning and modeling : addressing challenges in research and practice / // Transport Reviews. — 2002. — Vol. 31. — PP. 209—229.
4. Waddell P. UrbanSim : Modeling urban development for land use, transportation and environmental planning / // Journal of the American Planning Association. — 2011. — Vol. 68. — 297—314.
5. Theoretical and Practical Issues on Cellular Automata, Proceedings of the Fourth International Conference on Cellular Automata for Research and Industry (ACRI 2000), Cellular Models of Urban Systems David O'Sullivan Paul M. Torrens, June, 2000.



**ЧАСТИНА 2**

**АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНІ АСПЕКТИ  
ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Вокзали всюди однакові — найкосмополітичніша  
локація у світі.*

*Борис Акунін «Чорне місто».*

## 2.1 Принципи містобудівного розвитку залізничних вокзальних комплексів

Залізничні вокзальні комплекси (ЗВК) – об’єкти, яким властиві еволюційні зміни функціонально-просторової структури у наслідок розвитку транспортної мережі, удосконалення технологічних процесів, змін у взаємодії з міським транспортом, упровадження додаткових функцій, а також потреб у гуманізації архітектурно-містобудівного середовища. Формування й удосконалення ЗВК у розвинених країнах сьогодні відбувається під час містобудівного перетворення територій у десятки гектарів, що разом із транспортно-комунікаційним ядром утворюють цілісні багатофункціональні комплекси [1, 3–8]. Цей процес має об’єктивний характер. Оновлення функціонально-просторової організації ЗВК є виявом важливого закону урбанізації – територіального групування взаємопов’язаних функцій і виникнення на цій підставі нових поліфункціональних об’єктів.

Потреба в адаптації ЗВК до вимог світових стандартів на тлі перспектив входження України до Євросоюзу загострює проблему їхньої архітектурно-містобудівної організації. В Україні, однак, формування та розвиток ЗВК наразі відбуваються здебільшого за фрагментарною схемою. Сучасна практика вдосконалення наявних залізничних вокзалів має приклади вдалого оновлення пасажирських споруд і платформ (Полтава, Люботин, Лозова, Роздільна, Чугуїв тощо), що проводилося залізничним відомством у межах ділянок землевідведення залізниці. Водночас поза увагою залишалися забудова привокзальної площі та інших територій, що межують із залізничною станцією. Такий підхід небезпечний з погляду втрати можливості подальшого ефективного розвитку ЗВК. Попри це, в Україні є й перші приклади формування сучасних просторово-розвинених багатофункціональних комплексів, що охоплюють значні міські території. Так, сьогодні в Донецьку завершується реконструкція ЗВК, що за проектом містить нову приміську залізничну станцію, два торговельні комплекси, паркінги, нову привокзальну площу. Значних змін зазнала комунікаційна підсистема: завдяки новим пішохідним мостам-переходам з’єднано ділянки ЗВК по обидва боки залізничної станції, що підвищує комфортність і безпеку руху. Комплекс вирішено як функціонально та композиційно цілісний об’єкт і концептуально задумано як нове містобудівне утворення «Вокзал-Сіті». Подібні проекти існують для Сімферополя, Луцька, Львова, Дніпрперовська тощо (рис. 2.1).

За відсутності наукового обґрунтування ЗВК як специфічно містобудівного феномена, розроблення концепцій їхньої розбудови, з одного боку, відбувається на рівні професійної інтуїції. Із другого, — за кордоном накопичений значний досвід формування залізничних вокзальних комплексів як своєрідний виток оновлення урбанізованої тканини в напрямі функціонально-просторового упорядкування та гармонізації всіх складників: людини, природи, техніки. Такі проекти потребують істотних інвестицій і єдиного плану перебудови значної за площею (до 80 га) території.

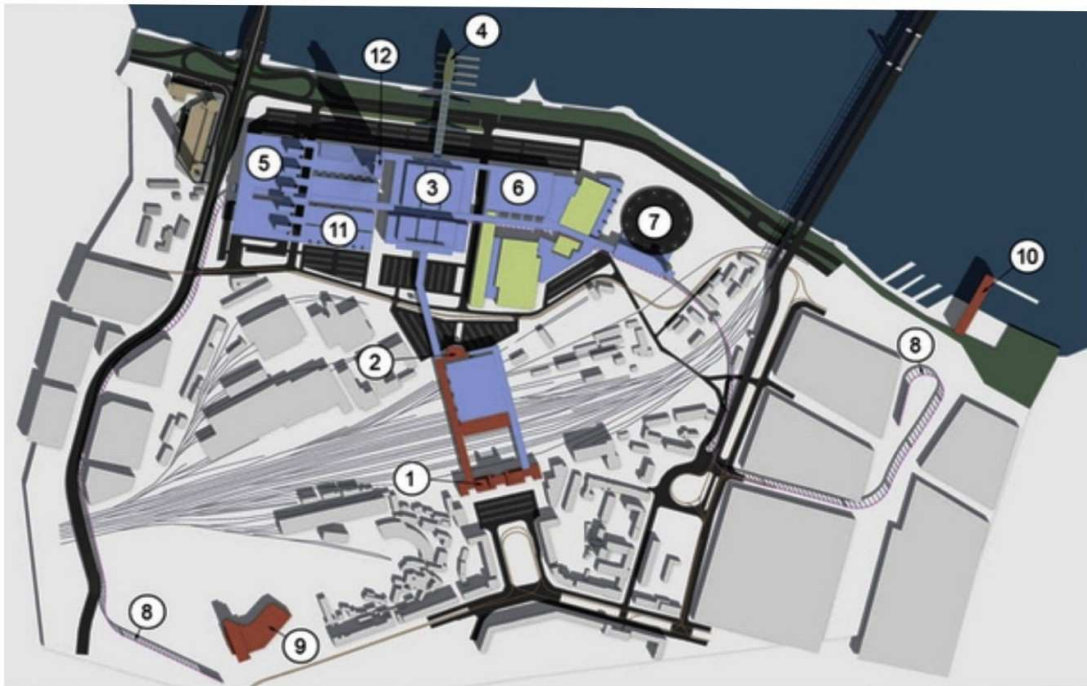
Із огляду на це особливо актуальним видається питанням є формулювання загальних принципів містобудівного формування залізничних вокзальних комплексів в Україні в нових соціально-економічних умовах. Це може бути першим кроком у розробленні нових нормативних засад будівництва комплексів цього виду. Оновлена нормативно-правова база дасть змогу реалізовувати проекти із залученням інвесторів до комплексного містобудівного перетворення важливих елементів міської системи.

Різні аспекти формування та функціонування залізничних вокзальних комплексів висвітлено в низці наукових робіт. Особливо цікавими для нашого дослідження є ті праці, які розкривають місце ЗВК у транспортній інфраструктурі міста [1, 7, 9], їхнє значення у формуванні системи центрів громадського обслуговування [2, 9, 10]. Так, ще наприкінці ХХ століття О. Е. Гутнов зазначав: «Усе більш очевидним стає те, що головні вузли транспортно-комунікаційної мережі й важливі комплекси громадського центру є взаємозумовленими» [2, с. 32]. Майже вся система громадського обслуговування в сучасному місті формується на підставі безпосереднього зв'язку торговельно-обслуговувальних об'єктів із вузлами транспортних комунікацій – вокзалами, станціями метро, перехрестями міських магістралей [2, с. 35].

Учені акцентують на тому, що на базі залізничних пасажирських станцій із часом формуються певні зони «інноваційного випереджувального зростання міста» [7]. Цю тезу підтверджує значна кількість уже реалізованих проектів у розвинених країнах Європи, Америки, Азії. Науковий аналіз згаданого явища, однак, має стартовий характер. Містобудівні принципи формування ЗВК як цілісних містобудівних об'єктів наразі не опрацьовано.



МАКЕТ ОНОВЛЕНОГО КОМПЛЕКСУ ЗВК М. ДОНЕЦЬК  
(АРХІТЕКТОР В. ТЕРЕНТЬЄВ, ВАТ «ІНСТИТУТ ДНІПРОГІПРОТРАНС»)



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВОКЗАЛ (ІСНУЮЧИЙ)              | 7. ТЕРМІНАЛ ВИНТОКРИЛІВ      |
| 2. ВОКЗАЛ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ              | 8. МОНОРЕЛЬС                 |
| 3. ЦЕНТРАЛЬНИЙ ВОКЗАЛ ТРАНСПОРТНОГО ТЕРМІНАЛУ | 9. АВТОВОКЗАЛ ІСНУЮЧИЙ       |
| 4. РІЧКОВИЙ ТЕРМІНАЛ МІСЦЕВОГО СПОЛУЧЕННЯ     | 10. РІЧКОВИЙ ВОКЗАЛ ІСНУЮЧИЙ |
| 5. АВТОБУСНИЙ ТЕРМІНАЛ                        | 11. ПАРКІНГ БАГАТОПОВЕРХОВИЙ |
| 6. ТОРГІВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНИЙ ЦЕНТР             | 12. ГОТЕЛЬ                   |

НОВИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ТЕРМІНАЛ У М. ДНІПРОПЕТРОВСЬК  
(ПРОЕКТ ЧП «КОНКОРС-С», 2011 р.)

Рис. 2.1 — Розвиток ЗВК на нових засадах містобудівного розвитку

Складники й структуру досліджуваної проблеми наведено на рис. 17.2. Розглянемо один із аспектів вивчення ЗВК, а саме: принципи їхнього містобудівного формування. Вони охоплюють функціональні, планувально-просторові та композиційні елементи комплексу. Окрім того, до уваги береться специфіка природи об'єкта: його належність до різних ієрархічних рівнів містобудівного середовища (регіон, система населених місць, місто). Із огляду на це можемо говорити про *ієрархічну структуру принципів* формування ЗВК.

Головний (імеративний) принцип формування досліджуваного об'єкта спрямований на реалізацію його цільової функції — забезпечити ефективну циркуляцію пасажирських потоків, які є важливим складником постійного енергообміну на всіх рівнях урбанізованого простору, що має на меті функціонально-територіальну єдність. Цей принцип можна подати у формалізованому вигляді:

$$E_{\text{заг}} \rightarrow \max, \quad T_{\text{заг}} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де  $E_{\text{заг}}$  — загальний обсяг енергообміну між містом і зовнішнім середовищем у тій частині, що забезпечується циркуляцією пасажирів і визначається їхнім кількісним та якісним складом;

$T_{\text{заг}}$  — загальні витрати часу всіх «носіїв» енергообміну.

Енергообмін містить як матеріальний (купівля-продаж товарів), так і інформаційний (навчання, юридичні послуги) складники.

Цей принцип має на меті *мінімізувати час досягнення об'єктів цільового руху пасажирями*, тобто місць отримання певних послуг (працевзабезпечення, торговельних, інформаційних, юридично-ділових, розважальних, пізнавальних тощо).

Він реалізується шляхом оптимальної *функціональної та транспортно-комунікаційної* організації ЗВК у структурі міста – місця його локалізації. Оптимальна організація можлива за збалансування двох процесів життєдіяльності ЗВК: *доставки пасажирів міським транспортом* до місць отримання послуг (або цілей приїзду до міста) і *організації громадського обслуговування* різних рангів (регіонального, СНМ) у межах ЗВК. Таким чином, знімається питання щодо завантаженості міського транспорту й додаткових витрат часу та коштів пасажирів. Із огляду на це забезпечується *гармонізація складників комунікаційної та локалізованої діяльності*, що сприяє як покращенню економічних показників роботи ЗВК, так і економічному зростанню міста загалом.

Оскільки потреби пасажирів мають складну ієрархічну структуру, то місця їхнього задоволення розмежовуються у просторі міста відповідно потреб

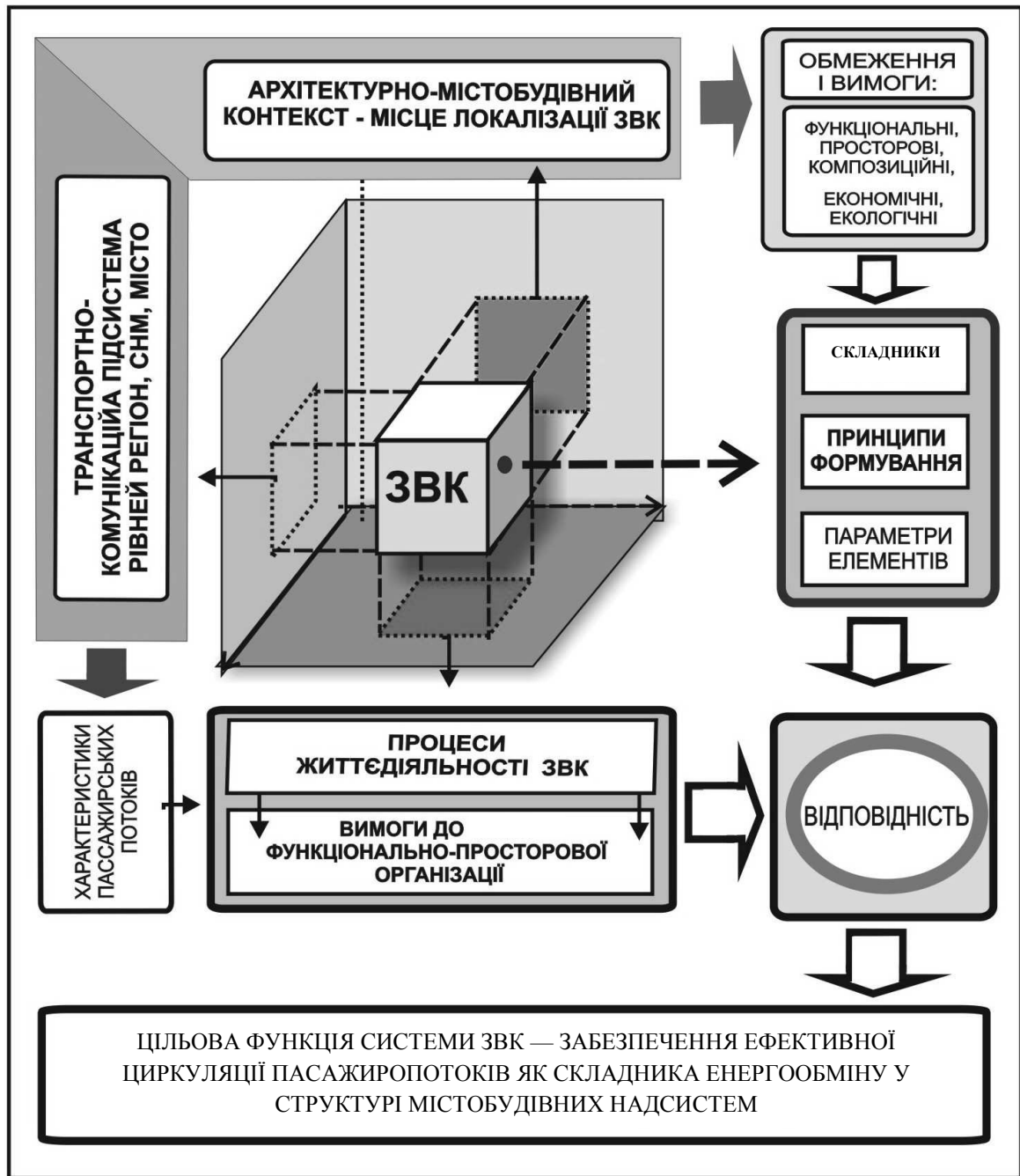


Рис. 2.2 — Складники проблеми містобудівного формування ЗВК

певного виду та рангу. Процеси диференціації громадського обслуговування у структурі міста сприяють його збалансованому розвитку. Подібний вплив має й диференціація ЗВК за ознакою обслуговування пасажирських потоків різних рангів (міжнародного, міжрегіонального, регіонального, місцевого, приміського). Із огляду на це генеральний принцип містить такі складники:

— *ієрархічна побудова* системи ЗВК у структурах міста, СНМ, регіону;

- *інтеграція* вузлів транспортно-комунікаційної мережі та центрів мережі громадського обслуговування різних рангів;
- *відповідність* функціональної, просторової й композиційної організації комплексу містобудівному рангу та виду транспортно-комунікаційного вузла.

Наступний рівень принципів містобудівного формування залізничних вокзальних комплексів забезпечує виконання вимог до функціональної доцільності, просторово-планувальної ефективності, репрезентативності та естетичної досконалості комплексу. Ідеться про п'ять блоків принципів, що віддзеркалюють різні аспекти ЗВК. Отже, у функціональному аспекті маємо говорити про такі принципи:

- *доповнюваності* функціонального складу ЗВК до функцій системи громадського центру міста;
- *унікальності та репрезентативності* соціокультурного, економічного й технологічного потенціалу міста — місця розміщення ЗВК;
- *різноманіття* функціонального змісту блоків цільового громадського обслуговування, що відповідає потребам споживачів послуг ЗВК і жителів міста;
- *взаємодоповнюваності* функцій, що локалізуються на ЗВК.

У структурно-планувальному аспекті мова йде про такі принципи:

- *компактності* внутрішньої комунікаційної структури, що забезпечується просторовою інтеграцією комунікаційних мереж різних видів і рангів (зокрема пішохідних); багатоярусності просторової структури комплексу; зв'язку різних функціональних блоків розвиненою мережею вертикальних і горизонтальних комунікацій;
- *просторової інтеграції* з навколишньою забудовою, контекстуальності;
- *зв'язності* з планувальною структурою оточуючого середовища.

У композиційному аспекті йдеться про такі принципи:

- *композиційної репрезентативності й унікальності* художнього образу залізничного вокзального комплексу, що відповідає потребам у створенні позитивного іміджу міста, у наявності «візитівки» міста;
- *ансамблевості*, що сприяє формуванню цілісної просторової структури — «воріт міста»;
- *ієрархічності побудови композиції* ЗВК, що відповідає різноманіттю його сприйняття як архітектурно-містобудівної форми.

В ергономічному аспекті важливими є такі принципи:

- *масштабності* простору процесів життєдіяльності, що забезпечить комфортне перебування різних груп пасажирів;
- *відповідності* параметрів організації простору та його обладнання потребам людей із різними можливостями.

В екологічному аспекті потрібно керуватися такими принципами:

- *мінімізації* шкідливого впливу на оточуюче середовище;
- *залучення* природних компонентів у структуру ЗВК, що поліпшить стан технізованого середовища.

Динамічність соціальної активності суспільства зумовлює потребу в постійному вдосконаленні містобудівного середовища, зокрема ЗВК. Із огляду на це особливе місце під час його формування займає принцип *випереджального інноваційного розвитку*, що й надалі має «прискорювати» певний матеріально-енергетичний обмін між містом і зовнішнім середовищем.

Таким чином, використання результатів дослідження, зокрема принципів містобудівного формування ЗВК, у проектній практиці дасть змогу чіткіше визначити напрям структурно-функціональних, архітектурно-планувальних і композиційних пошуків, що сприятиме підвищенню ефективності проектної діяльності, сконцентрує творчий пошук. Це, зі свого боку позитивно вплине на подальший розвиток мережі транспорту та громадського обслуговування, частиною яких є вокзальні комплекси, на забезпечення прискорення інтенсивного, зокрема інноваційного, розвитку економіки міста, на покращення якості життя населення. Формування ЗВК як цілісного містобудівного комплексу дасть змогу значно підвищити ефективність використання міських територіальних ресурсів. Посилення наукового складника в розвитку ЗВК як багатофункціональних транспортно-комунікаційних вузлів забезпечить прискорення їхньої адаптації до умов ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренкова З. В. Вокзал для города. З. В. Азаренкова / Промышленное и гражданское строительство. — 2000, №10. — С. 13—14.
2. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов — М. : Стройиздат, 1984. — 256 с.
3. Древаль І. В. Залізничний вокзальний комплекс як динамічна «візитівка» сучасного міста / І. В. Древаль // Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку найкрупніших міст України : зб. наук. пр. — Вип.20 / Відповідальний редактор Ю.М. Палеха. / — К.: Ін-т «ДІПРОМІСТО», 2011. — С. 250-259



4. Мироненко В.П. Архитектура современных железнодорожных вокзальных комплексов В.П Мироненко.. Модернизация вокзалов и тенденция развития ЖВК./ - Вісник ХДАДМ – 2006р. с.18-21.
5. Boutätigkeit der Deutschen Bahn in Berlin. Feldwisch Wolfgang, Ruppert, Günter. ETR: Eisenbahntechn. Rdsch 2000, № 6, с. 365-377.
6. Kieren, M. New architecture, Berlin 1990-2000 [Text] / M. Kieren – Berlin: Jovis, 1997. – 323 p.
7. Концепция эффективного использования и развития железнодорожных вокзалов Дирекции железнодорожных вокзалов - филиала ОАО "РЖД" до 2015 года. // Интернетресурс: Docs.kodeks. ru/ document/ 902143992.

## **2.2 Архітектурно-містобудівні аспекти прогнозування розвитку залізничних вокзальних комплексів**

Сьогодні в умовах становлення нових соціально-економічних відносин архітектурно-містобудівне перетворення міста відбувається, найчастіше, з, без усвідомлення значення наслідків забудови тієї або іншої ділянки якими або функціональними об'єктами. Особливо активно забудова ведеться в зонах підвищеної соціальної активності, адже саме тут найбільш високий ступінь окупності фінансових вкладень. Однак одержання швидкого економічного ефекту нерідко стає перешкодою для майбутнього перспективного розвитку важливих містобудівних комплексів, у першу чергу транспортних. Хаотичній, роздробленій, випадковій забудові територій сприяє також відсутність цілісного бачення можливих перспектив розвитку структуроформуючих елементів міської системи. Саме таке бачення лежить в основі архітектурно-містобудівного прогнозування розвитку стратегічно важливих об'єктів міста та міста в цілому.

Ціль дослідження: актуалізувати проблему та розкрити окремі аспекти архітектурно-містобудівного прогнозування розвитку залізничних вокзальних комплексів (ЗВК) – важливих структурно-функціональних елементів міста.

Проблема прогнозування змін міста і його елементів відноситься до сфери дослідження та управління розвитком урбанізованих систем, вивченню якої присвячені роботи таких учених як Гутнов А.Э, Белоконь Ю.М, Дьомін Н.М., Тимохін В.Н., Фомін І.А., Шкодовский Ю.М. та ін. [3, 6, 11, 15,16 ]. Дослідники відзначають, що передбачення динаміки міської системи і її

елементів дозволить осмислено, ефективно виконувати забудову, уникнути помилок, зв'язаних з необоротними наслідками. Актуальні для даної роботи загальнометодологічні аспекти прогностики в архітектурі та містобудуванні розглянуто в роботах Рябушина А., Дворжака К. Лаврика Г. [11,14]. У цих дослідженнях визначені основні прогностичні поняття в допроектних дослідженнях і проектуванні, обґрунтовано механізми архітектурно-містобудівного прогнозування. У роботах, присвячених ЗВК, розкриваються, головним чином, аспекти їх структурно-планувальної, функціональної й технологічної організації [2,4,5,7,12]. Однак, питання прогнозування розвитку залізничних вокзальних комплексів вивчені недостатньо.

У цей час активно ведуться роботи із прогнозування розвитку системи залізничного транспорту в цілому, де залізничний вокзал розглядається як один з її важливих структурно-функціональних елементів. Основою прогнозів є дані про динамік пасажиропотоків, майбутніх технологічних і технічних змінах у цій сфері [10]. Так, наприклад, зміни в обслуговуванні пасажирів на стадії придбання квитків дозволяють скоротити схему маршруту при відправленні. Модернізація комунікацій дозволяє компактно розміщати окремі функціональні блоки в умовах обмежених територіальних ресурсів.

Одним з найбільш динамічних елементів міської системи є транспортно-пересадні вузли різних типів і рангів. Насичення транспортними та суспільними функціями прилеглих зон транспортно-пересадних вузлів у радіусі масової пішохідної доступності вокзалів, станцій, кінцевих пунктів у межах до 1000 м, приводить до створення багатофункціональних просторово розвинених суспільно-транспортних центрів або вузлів.[1, 6, 8, 9]. Серед них особливе місце займають залізничні вокзальні комплекси. Сьогодні ЗВК визначається як складна система із провідною зовнішньою транспортно-комунікаційною функцією, що включає розвинену підсистему суспільного обслуговування, орієнтовану не тільки на пасажирів, але й на жителів міста [1,6, 8].

Дослідження сучасного практичного досвіду, а також історії розвитку залізничних вокзалів дозволяє констатувати, що ЗВК відносяться до категорії складних динамічних, відкритих систем, поведінка яких визначається рядом факторів та умов різних містобудівних рівнів. Про динамізм об'єктів переконливо свідчать дані про кількості реконструкцій ЗВК у різних містах світу [4,7,13]. Так, наприклад, реконструкція центрального залізничного вокзалу Варшави (Польща) виконувалась вісім разів (1890, 1894, 1919, 1921,

1928, 1939, 1946, 2002) головний вокзал у Кіото реконструювався з 1878 п'ять разів.

Вивчення матеріалів реконструкцій дозволять зробити висновок про те, що успішність перетворення багато в чому визначається наявністю територіальних ресурсів, що забезпечують функціонально ефективне й композиційно повноцінний розвиток комплексу. Високий ступінь насиченості ЗВК різноманітними функціональними процесами та обслуговуючими їх комунікаціями, а також його інтегрованість у прилягаючу забудову стимулює пошук адекватних містобудівній ситуації моделей комплексного розвитку значних територій, що включають вокзальний комплекс і зону його впливу.

Так, один з лідерів сучасної архітектури Рем Кулхаас у ході конкурсного проектування (Франція, Лілль, 1988р.) розвитку ЗВК вирішив з урахуванням реконструкції прилягаючих до нього територій міста. Він спроектував мегаструктуру, що займає близько 40 га, центром якої стала площа між старим і новим вокзалами, що включає ряд важливих функціональних об'єктів загальноміського значення (зал конгресів, виставочний комплекс, офісний, торговельний і культурний центр, школа бізнесу, житлові будинки й парк). Сьогодні залізничний вузол Лілля щорічно обслуговує до 30 млн. пасажирів, посідаючи друге місце в країні після Парижа. Реалізація великомасштабного проекту повернула місту колишню славу, дозволивши йому зробити, за словами голландського архітектора, квантовий стрибок у радикальне майбутнє.

Реконструкція центрального залізничного вокзалу в Роттердамі (Голландія) також спричинила зміни в забудові всього привокзального району. Загальна площа перетвореної території склала 20 га. Автор проекту архітектор У. Олсеп створив архітектурне середовище в зоні «воріт міста».

У Гонконгу по проекту Н.Фостера на базі ЗВК формується грандіозний культурний центр. Для його розміщення потрібна була територія в 40 га. За задумом автора тут розмістяться: центр мистецтв, кілька театрів, кінотеатрів і концертних залів, музей сучасного мистецтва, а також інші об'єкти дозвілля, магазини й ресторани. Завдяки такому комплексному підходу Гонконг знаходить суперсучасний транспортний комплекс і виразний архітектурний символ, підтверджуючи свій статус одного з найбільших міст світу.

Наведені приклади переконливо підтверджують необхідність прогнозування розвитку ЗВК, що забезпечить ефективне функціонування не тільки самого комплексу, але і пов'язаних з ним підсистем міського транспорту, суспільного обслуговування, а також раціональну забудову ділянок, що примикають.

Цілісне вирішення вокзального комплексу забезпечує повноцінну композиційну організацію великих територій що є його своєрідним обличчям.



Рис. 2.3 — Лілль. Франція. Розвитку залізничного вокзального комплексу

Архітектурно-містобудівне прогнозування, як відзначають учені, складний процес, що включає логічну послідовність дослідницьких кроків, спрямованих на побудову прогностичної моделі об'єкта [11, 14]. Для ЗВК такими є наступні:

1. Формулювання мети прогнозування подальшого розвитку ЗВК. Такою є мета визначення можливих альтернатив напрямків і границь його територіального розвитку, структурної організації, а також особливостей функціонального насичення. При цьому передбачається наявність різних варіантів функціонально-просторової організації комплексу в рамках наявних технічних та економічних ресурсів і технологічних можливостей.

2. Морфологічний аналіз ЗВК дозволяє не тільки визначити його основні елементи, але і виділити їх статичні й динамічні властивості. Так, вивчення практичного досвіду показало, що всі основні елементи вокзального комплексу (пасажирські платформи та будинки, привокзальна площа, елементи обслуговування, система пішохідних і транспортних комунікацій) динамічні. Однак їх динаміка має різні тимчасові ритми та обумовлена різними

факторами. У цей час в Україні найбільшу динаміку придбали елементи обслуговування. Найбільш статичні пасажирські платформи, які не міняють свого розташування, однак їх кількість - величина змінна.

3. Виконання історико-генетичного аналізу ЗВК дозволяє виявити етапи розвитку ЗВК у технологічному, технічному та структурно-функціональному аспектах. Практичний досвід свідчить, що у своєму розвитку різні ЗВК проходять подібні стадії та на певних історичних етапах знаходять подібні структури. Визначення етапу розвитку вокзального комплексу - основа виявлення найбільш істотних явищ навколишньої реальності, що впливають на майбутній розвиток ЗВК і прогнозу його можливих наступних змін [4, 7, 13].

4. Аналіз вокзального комплексу як системного об'єкта показує, що фактори, що впливають на його розвиток, «навколишнього середовища» мають ієрархічну структуру, оскільки ЗВК є підсистемою ієрархічно вищих систем: регіон, система населених місць, місто. [1,6, 8]. З іншого боку, ЗВК - частина (вузловий елемент) цілісної системи залізничного транспорту, що, у свою чергу, також є елементом сучасних комунікацій, що пронизують все урбанізоване середовище.

Для прогнозування розвитку ЗВК важливо враховувати і такі види впливу середовища як технічні та технологічні зміни, а також суспільні потреби та інтереси, що стимулюють розвиток об'єкта прогнозу. Важливо також визначення рамок, що обмежують пошук альтернатив прогнозованого розвитку вокзального комплексу. До них можна віднести соціальні цінності, економічні умови, технічні можливості.

5. Прогностична модель дозволяє розробити кілька альтернатив можливого розвитку ЗВК. Наприклад, одне - дворівнева організація комплексу зажадає резервування територій певної площі в обумовленому містобудівною ситуацією напрямку. Багаторівнева організація простору дозволить скоротити площа комплексу, однак зажадає активного розвитку вертикальних комунікацій.

Прогнозування розвитку ЗВК повинне здійснюватися на різних стадіях проектування та, відповідно, відображатися в різних проектних документах.

Так, на стадії генерального плану міста, де виконується розробка принципових пропозицій по взаємодії різних видів міського й зовнішнього транспорту в структурі транспортної системи міста, може бути спрогнозовано тип ЗВК за критерієм видів і кількості обслуговуючих видів міського транспорту, а також можливості кооперування з іншими видами міжміського

транспорту (наприклад, формування об'єднаних залізнично-автобусних вокзалів).

На стадії виконання комплексної схеми розвитку всіх видів міського пасажирського транспорту, де вирішуються питання взаємодії магістральних і приміських видів транспорту з міським, розкриваються можливості створення прогностичних моделей ЗВК як елемента системи пересадних вузлів для обслуговування пасажирів на території міста й приміської зони з урахуванням організації культурно-побутового та інших видів обслуговування.

На стадії розробки проектів детального планування метою прогнозування розвитку ЗВК є одержання альтернативних варіантів його архітектурно-містобудівної організації яка включає функціональне зонування території комплексу з забезпеченням єдиного технологічного та композиційного рішення, ефективної трасування пішохідних шляхів і транспортних зв'язків, раціонального використання підземного простору.

На стадії розробки проекту та робочої документації розвитку ЗВК реалізуються та конкретизується принципові рішення, які обрані з можливих спрогнозованих варіантів.

Висновок. Таким чином, прогнозування розвитку ЗВК – актуальне наукове завдання, рішення якого, в остаточному підсумку, спрямовано на вдосконалювання методів управління розвитком урбанізованого середовища. Побудова прогностичної моделі розвитку ЗВК, що відображає включеність об'єкта в систему різних ієрархічних рівнів, дозволить аналізувати можливі альтернативи функціонального та просторового розвитку комплексу, приймати більш ефективні архітектурно-містобудівні рішення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренкова З. В. Вокзал для города. З. В. Азаренкова / Промышленное и гражданское строительство. — 2000, №10. — С. 13—14.
2. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов — М. : Стройиздат, 1984. — 256 с.
3. Древаль І. В. Залізничний вокзальний комплекс як динамічна «візитівка» сучасного міста / І. В. Древаль // Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку найкрупніших міст України : зб. наук. пр. – Вип. 20 – К. : Ін-т «Діпромісто», 2011. – С. – 250–259.
4. Мироненко В. П. Архитектура современных железнодорожных вокзальных комплексов В. П. Мироненко // Вісник ХДАДМ. – 2006р. С. – 1821.

5. Boutätigkeit der Deutschen Bahn in Berlin. Feldwisch Wolfgang, Ruppert, Günter. ETR : Eisenbahntechn. Rdsch, 2000. – № 6. – PP. 365–377.

6. Kieren M. New architecture [Text]/ M. Kieren – Berlin : Jovis, 1997. – 323 p.

7. Концепция эффективного использования и развития железнодорожных вокзалов Дирекции железнодорожных вокзалов - филиала ОАО «РЖД» до 2015 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Docs.kodeks. ru/ document/ 902143992.

### **2. 3 Залізничний вокзальний комплекс як «динамічна візитівка» сучасного міста**

Життя суспільства неможливе без пересування. «Via est vita» (дорога – це життя), – наголошували древні римські мудреці. Транспортні системи, що забезпечують цей рух, є істотним чинником функціонування та розвитку всіх форм організації урбанізованих територій: від міських до міжрегіональних. Особливе місце з-поміж сучасних видів транспорту посідає залізниця, яка забезпечує найбільш охопний зв'язок міста із зовнішнім світом за допомогою вантажних і пасажирських перевезень. Так, щорічно через вокзали України проходять близько 470 млн пасажирів. Функціонування залізничного вокзального комплексу спрямоване, насамперед, на забезпечення певного матеріально-енергетичного обміну між містом і зовнішнім середовищем.

Із погляду містобудівного формоутворення залізничні вокзальні комплекси (ЗВК) є одними з домінантних вузлів міського каркаса. Вони стягують транспортні потоки (міжміські та міські), залучають до своєї структури супутні функції (торгові, розважальні, ділові) і перетворюються, таким чином на важливий містоформульовальний фактор. Перші враження від міста формуються під час знайомства з вокзалом і привокзальною площею, тому він сприймається багатьма як «дзеркало», його своєрідні «ворота» та візитівка міста. Вокзальні комплекси активно взаємодіють із міською структурою, на чому наголошує низка науковців [2, 3, 9]. Потреба в упорядкуванні та керуванні такою взаємодією, підтверджує важливість наукового осягнення сучасних ЗВК як архітектурно-містобудівних феноменів.

Різні аспекти функціонування та розвитку залізничних вокзальних комплексів як вузлів зовнішньої транспортної мережі у структурі міста викладено у працях таких науковців, як В. М. Батирев, Г. Є. Голубєв, К. Херцег, О. Ш. Тер-Восканян, І. Г. Явейн та інші [2, 3, 6, 7, 9].



Зміни в соціально-економічній сфері, що відбулися в Україні за останні десятиліття, орієнтація суспільної свідомості на європейські параметри життя стимулюють пошуки шляхів адаптації ЗВК до вимог світових стандартів. Із огляду на це дослідження розвитку залізничних вокзальних комплексів є актуальним завданням, зважаючи на важливість аналізу досвіду та виявлення закономірностей *взаємопов'язаного розвитку міста з його транспортною підсистемою*.

Аналіз динаміки еволюційних змін залізничного вокзального комплексу міста Харкова унаочнює взаємозумовленість розвитку міста та вузлів його зовнішніх транспортних мереж. Ідеться про сприяння формуванню прогностичного погляду на розвиток ЗВК, оточуючий їх простір і місто загалом, а також певною мірою про допомогу в запобіганні хибним крокам необґрунтованої забудови цінних територій.

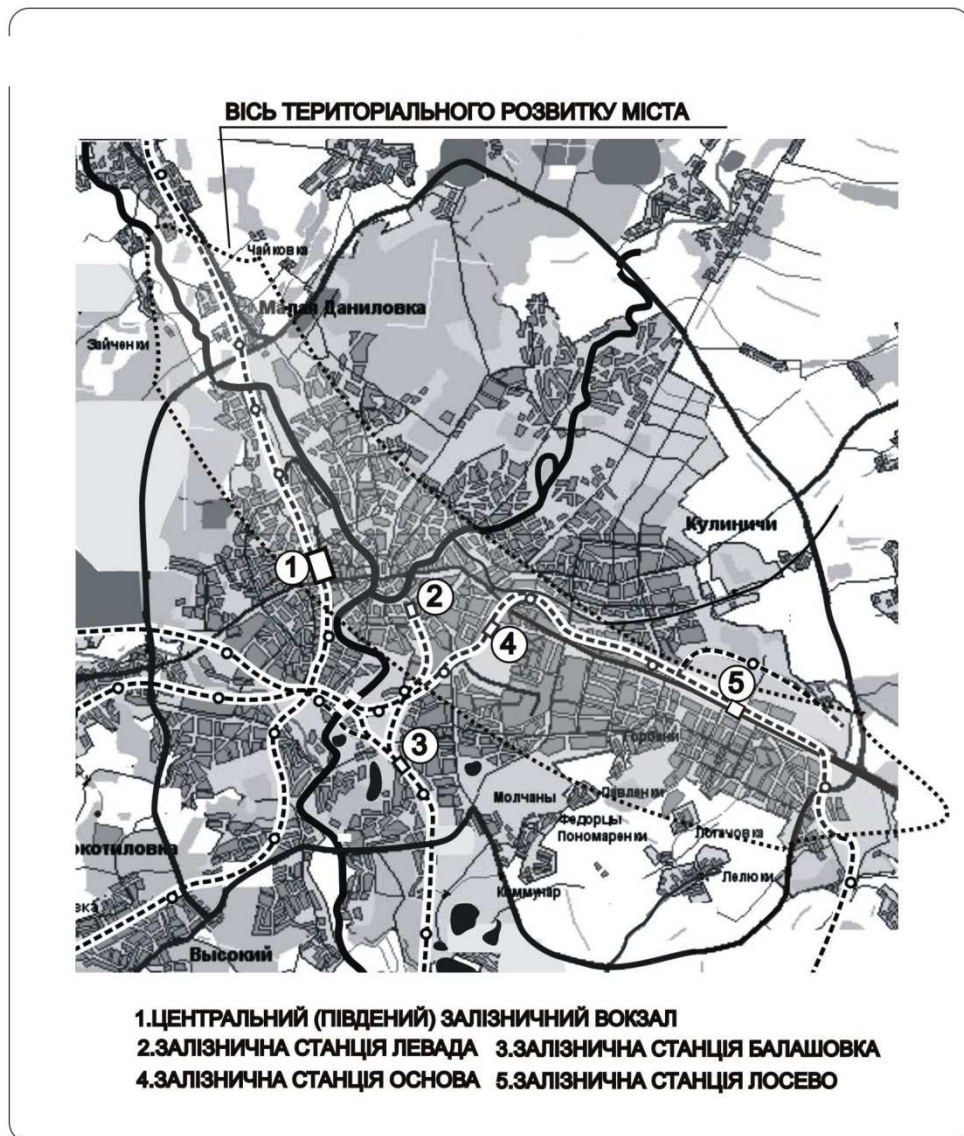


Рис. 2.5 – Залізничні вокзальні комплекси у структурі м. Харкова



ЗВК м. Харкова мають особливу історію та зараз переживають період активізації розвитку як *елементів центру міста*. На сьогодні залізничний транспортний вузол Харкова містить п'ять пасажирських станцій різних рангів: головна пасажирська станція (Південний вокзал) та чотири станції, що обслуговують приміські перевезення (Левада, Балашівка, Лосєве, Основа). Із огляду планування станції розташовані майже на одній лінії, що збігається з напрямком головного територіального розвитку м. Харкова – вісь «Південний схід – північний захід» (рис. 19.1).

Історія формування залізничного вузла та станцій безпосередньо пов'язана з розвитком міста. Будівництво важливої гілки залізничного транспорту в напрямку «Північ – південь» у Харкові зумовлено географічним розташуванням і характеристиками міста. Харків тоді був одним із найважливіших на півдні Росії центрів із розвиненими торговельною, промисловою й освітньою функціями. Варто зазначити, що на той час вибір місця розташування перших залізничних станцій зумовлювався технічними та технологічними особливостями транспорту: потреби в розташуванні станції на ділянці з пласким рельєфом і в наближенні до джерела води як для паротягів, так і напування коней, які були засобом міських перевезень людей і вантажів. Головні вимоги, що ставилися до місцевості для будівництва станції, були такими: «Найголовніше, щоб місцевість мала всі умови, потрібні для залізничної справи: просторі місця для облаштування самої станції, розміщення всього господарського для неї начиння, а в Харкові – для облаштування центральної станції, ще й магазинів, площ, на яких могли б зупинятися обози (валки, хури), що підвозять товари...» [8].

Такою ділянкою стала шовковична плантація, розташована поблизу першого харківського водогону – Архієрейська Левада під Холодною горою, що мав гарний зв'язок із центром. До недоліків обраного місця розміщення першої залізничної станції варто зарахувати осугувату місцевість і «стислисть» ділянки між пагорбом та наявою забудовою. Більш придатну ділянку неподалік Кінного ринку, де постійно проводилися великі ярмарки, як варіант розглядали, але не обрали: політико-економічні аспекти вже тоді мали неабиякий вплив на містобудування. Варто наголосити на тому, що розміщення залізничної станції в межах міста було прогресивним кроком і мало економічний зиск. Міста, у яких вокзали розташовувалися за містом (м. Курськ, м. Орел, м. Серпухов), програли в ефективності їхньої експлуатації.

Поява залізничної станції та перших потягів (травень 1869 р.) спричинила низку перетворень на території району міста, який перетворився на осередок бурхливої діяльності. Із усіх боків до залізничного вокзалу під'їжджали й від'їжджали як пасажирів, так і вантажний транспорт. Роль елемента, що забезпечує взаємодію вокзалу з міським транспортом, виконувала привокзальна площа. На першому етапі взаємодія міжміського та міського транспорту була стихійною: екіпажі, що прибували до вокзалу, а пізніше й перші автомобілі маневрували вільно. На площі планувалося розмістити ринок для неможливого населення, але переміг інший варіант. У 1900 році привокзальну площу забудували такими спорудами, як склади, магазини найбільших харківських фірм. «Привокзальна площа, що нещодавно була болотом, із якого насилу вибиралися загрузлі в ньому люди, незнайомі з ним до цього часу селяни, зараз повністю висušена (осушена) та перетворилася на «людне місце», на одну зі статей доходу міста, надаючи близько 10 тис. рублів» [5, С. 25]. Як відзначають історики, у місті почався «будівельний бум», особливо житлових приміщень поблизу залізниці. Болотиста місцевість, що раніше не привертала уваги, почала забудовуватися. Першими звели кам'яні споруди управляючого дороги, начальника господарських служб дороги, будинки мешканців і різні торговельні заклади та пивні.

Зростання пасажирських потоків як наслідок розвитку міста і його оточення, спричинило потребу в розширенні старої споруди для пасажирів. У 1902–1906 рр. перебудували будівлю вокзалу архітектори С. Цауне та С. Загоскін добудувавши її, з'явилася споруда, що відповідала найвищим вимогам того часу й демонструвала економічний статус міста.

Зростання функціональної значущості ЗВК у структурі міста спричинило збільшення містобудівного потенціалу території, що потребувало відповідного композиційного упорядкування. Важливим етапом розвитку вокзалу є формування ансамблю привокзальної площі. У 1912–1914 рр. за проектом архітекторів А. Дмитрієва, Д. Ракитіна зводиться будівля управління Північної залізниці. Такий стан справ видається закономірним, бо на той час харківський вокзал посідав друге місце за обсягами пасажирських перевезень у Росії. Завершення головного ансамблю площі відбувалося в 1927–1929 рр. На підставі проведеного конкурсу був прийнятий і реалізований проект будівлі головпоштамту, виконаного у стилі конструктивізм (архітектор О. Мордвинів). Остаточне формування периметру площі завершилося зведенням восьмиповерхового житлового будинку (архітектор А. Бекетов). Із огляду на це,

залізничний вокзальний комплекс посів чільне місце в системі історичних ансамблів міста Харкова (рис. 19.2).

У середині 30-х років ХХ ст. до Харкова як значного культурного та промислового центру країни, що активно розбудовувався, приїздила велика кількість робітників із навколишніх сіл і містечок. Робоча сила, яка прибувала до Харкова з різних куточків країни, розміщувалася у приміських зонах, що мали з містом залізничне сполучення. Таким чином стимулювався розвиток приміського сполучення й розміщення приміських залізничних пасажирських станцій поблизу місць прикладання праці, що привертало багато робітників. Так, з'явилися станції Лосєве, Балашовка (рис. 2.5). Розвиток вузлів зовнішнього транспорту сприяв появі нових ділянок міської забудови, що, зі свого боку, спричинило до розбудови підсистеми міського транспорту.

Розвиток транспортної інфраструктури міста дещо по-іншому (навпаки) вплинув на просторову організацію Південного вокзалу. Так, у його структурі сформувалися дві площі транспортного обслуговування. Мобілізація просторових ресурсів відбувалася через знищення привокзальних скверів і розширення площі вздовж залізничної станції. Транспортне обслуговування поштових і багажних служб вокзалу утворило окремий блок із окремим заїздом. Таким чином відбувалися синхронні зміни як у просторовій структурі ЗВК, так і у структурі його транспортного обслуговування.

Новий етап у розвитку комплексу почався після закінчення Другої світової війни, що зумовлено збільшенням пасажиропотоків. У 1952 р. було побудовано нову, соліднішу будівлю вокзалу (архітектори Г. Волошин, Б. Мезенцев, Є. Лимар). У цей час привокзальна площа все більше насичувалася міським транспортом як безпосередньо перед пасажирською будівлею (таксі, автобуси, тролейбуси), так і з боку Полтавського шляху (трамваї). Водночас набуття ЗВК статусу містоформувальних елементів спричинило до концентрації об'єктів громадського обслуговування в зонах їхнього впливу, що ускладнювало організацію транспортного обслуговування станції.

Важливим етапом еволюції ЗВК є поява в 1975 р. в його структурі лінії метрополітену. Активний розвиток підземного виду міського транспорту, здатного перевозити значні за обсягом маси пасажирів із великою частотою та точністю руху, дав змогу значною мірою «розвантажити» привокзальну площу. Так, у Харкові на привокзальній площі відродився сквер, прикрашений фонтаном. Оновлена площа перетворилася на візитівку міста, рекреаційну зону не лише для пасажирів, а й для мешканців прилеглих територій (рис. 2.6). У

1978 р. відбувається приріст функцій ЗВК: зводиться багатоповерхова будівля готелю та створюється Південний термінал.



Рис. 2.6 – Південий залізничний вокзальний комплекс у структурі ансамблів центральної частини м. Харкова.

Відповідно до рангу станцій відбуваються формування та розвиток приміських залізничних вокзальних комплексів і прилеглих до них (Лосєве, Левада, Балашовка). Найбільше архітектурно-містобудівне значення має Південий (Центральний) ЗВК.

Зі зміною соціально-політичної й економічної ситуацій у 90-х роках ХХ ст. змінився характер пасажиропотоків. Унаслідок цього кількість транзитних пасажирів зменшилася на 46 % (з 25 до 16 млн пас. на рік) [5, С. 128]. Незважаючи на це, функціональний і територіальний розвиток ЗВК продовжувався.

В період 1980–2000 рр. відбувається поліпшення рівня надання послуг із посадки-висадки пасажирів: відбувається реконструкція пасажирських платформ. Із 2000–2004 рр. у структурі комплексу активно розвиваються сфери громадського харчування та торговельного обслуговування. Починається освоєння підземного простору, що сполучає територію привокзальної площі з прилеглою забудовою.

На останньому етапі формування Південного ЗВК як цілісної структури до його складу належать зовнішній транспорт (приміський і міжміський, сполучення залізниці й автобусного транспорту), митний контроль, загальноміський транспорт будівлі, адміністративного управління, поштовий зв'язок, торгівля, заклади громадського харчування, житлова та рекреаційна зони. У просторовому аспекті вокзальний комплекс пройшов еволюційний шлях від однорівневої споруди до багаторівневої структури, що містить наземні, надземні та підземні компоненти. Сьогодні ЗВК займає територію близько 16,5 га (разом зі станцією, що активно реконструюється).

Вивчення історичних етапів розвитку ЗВК м. Харкова дає підстави говорити про те, що еволюційні зміни відбуваються під впливом низки чинників різних містобудівних рівнів:

- рівень «СНМ» (зростання кількості пасажиропотоків приміського напрямку);
- рівень «місто» (особливості розвитку зовнішнього транспортного вузла);
- транспортна підсистема внутрішньоміського транспорту (особливості подальшого розвитку центру міста як лінійно-вузлової структури);
- рівень «ділянка» (особливості природних характеристик ділянки навколишньої забудови та транспортних комунікацій).



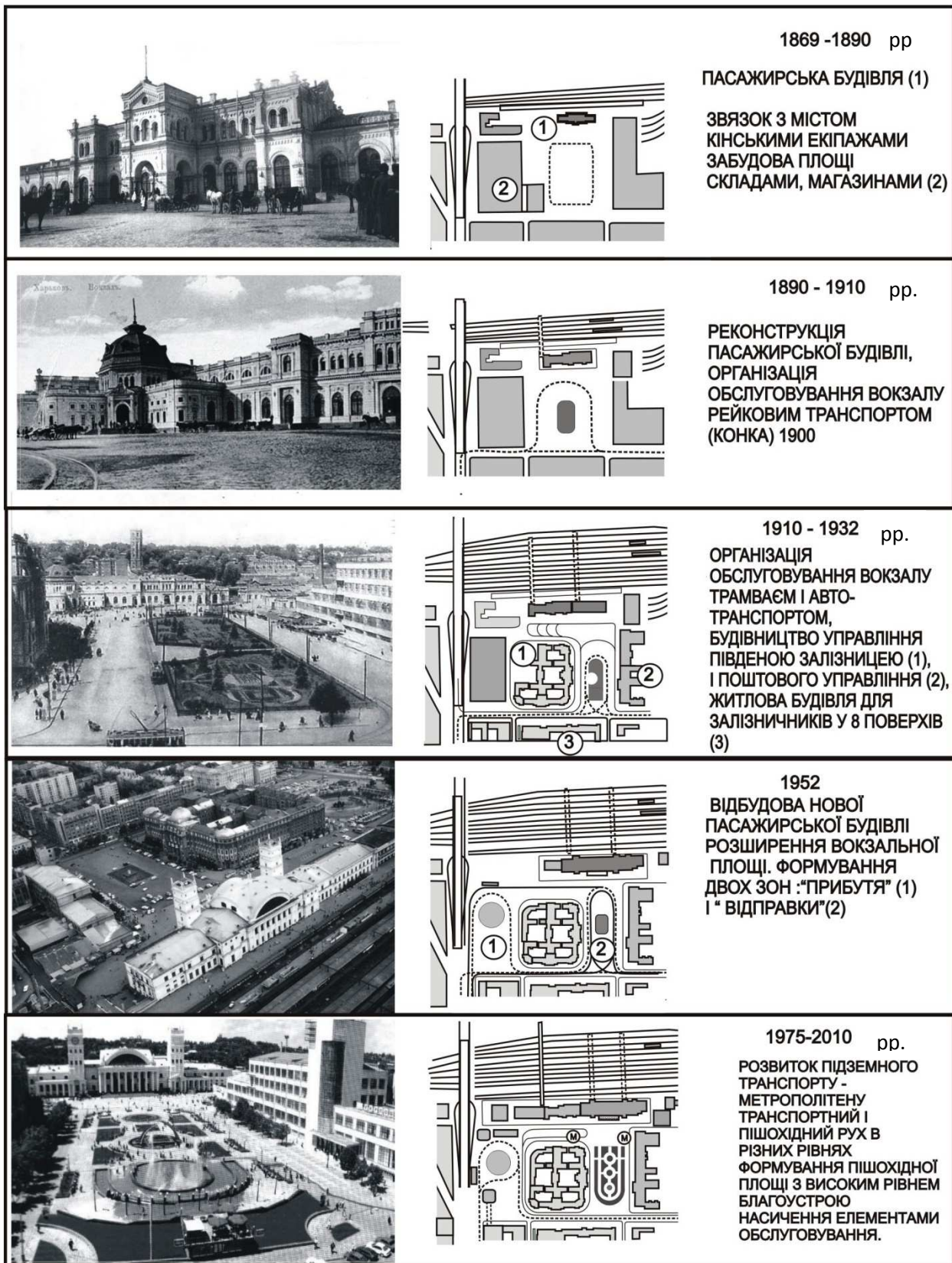


Рис. 2.7 - Еволюційні зміни просторово-планувальної організації Південного залізничного вокзального комплексу м. Харкова

Аналіз еволюційних процесів ЗВК на прикладі м. Харкова засвідчив, що сьогодні активно змінюється функціональне наповнення залізничних вокзальних комплексів. Функціональний розвиток неминуче спричиняє ускладнення їхніх просторово-планувальних структур (рис. 2.7).

Зміст містоформувальної функції розкривається через здатність ЗВК збільшувати містобудівний потенціал зони впливу у структурно-функціональному та композиційному аспектах шляхом формування нових багатофункціональних суспільно-транспортних вузлів, що виконують роль своєрідних міських підцентрів. Містоформувальна роль ЗВК виявляється на двох рівнях:

- безпосередньо території об'єкта – залізничного вокзального комплексу;
- міських підсистем (транспортної, громадського обслуговування, композиційної).

Отже, в м. Харкові сьогодні відбувається перетворення системи транспортних вузлів на цілісну архітектурно-просторову структуру, що активно впливає на розвиток міста у функціонально-планувальному та композиційному аспектах (рис. 2.6 – 2.7).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багале́й Д. И. История Города Харькова за 250 лет его существования (1665–1905pp.): Историческая моногр. в 2-х т. / Д. И. Багале́й, Д. П. Миллер. – Х. : Ратопринт, 1993 г. – 982 с.
2. Батырев В. М. Вокзалы / В. М. Батырев. – М. : Стройиздат, 1988. – 216 с.
3. Голубев Г. Е. Развитие систем транспортных сооружений и узлов в крупнейших и крупных городах / Г. Е. Голубев, З. В. Лазаренкова, Ю. А. Федутин. – М. : Стройиздат, 1985. – 124 с.
4. Древаль И. В. Архитектурно-градостроительные аспекты прогнозирования развития железнодорожных вокзальных комплексов / И. В. Древаль // Наук. вісн. буд-ва. зб. наук. пр. : Х. : 2010.
5. Остапчук В. Н. Дорога длиной 135 лет / В. Н. Остапчук, А. В. Ереско, Е. Н. Несвит. – Х. : Фактор, 2004. – 144 с.
6. Тер-Восканян О. Ш. Общественно-транспортные узлы в крупнейших городах / О. Ш. Тер-Восканян. – М. : 1985. – 47 с.

7. Херцег К. Проектирование и строительство автобусных и железнодорожных станций / К. Херцег; под ред. Г. Е. Голубева пер. с венг. В. М. Беляева – М. : Стройиздат, 1985. – 318 с.

8. Харьковские Губернские Ведомости № 40, 15 апреля 1868 г.

9. Явейн И. Г. Вокзал и площадь – узел единой транспортной системы страны / И. Г. Явейн // Архитектура СССР. 1961. № 3.

#### **2.4 Залізничні вокзальні комплекси в контексті сучасної концепції просторово-часового континууму**

Важливу роль у функціонуванні та розвитку урбанізованого середовища різних містобудівних рівнів сьогодні відіграє залізничний транспорт і його вузлові елементи – залізничні вокзальні комплекси (ЗВК). Потреба в адаптації цих об'єктів до вимог світових стандартів на тлі перспектив входження України до Євросоюзу загострює питання архітектурно-містобудівної організації й прогнозування їхнього розвитку у структурі міста. У країнах Європи, Азії, Північної Америки ЗВК постійно реконструюються у зв'язку з розвитком технологічних процесів, зі змінами в організації взаємодії з міським транспортом, із появою додаткових функцій. Формування сучасних ЗВК здебільшого відбувається водночас із містобудівним перетворенням великих за площею (до 80 га) територій, що утворюють разом із транспортно-комунікаційним ядром високе технічне, добре структуроване, цілісне, багатофункціональне середовище. Не виникає подиву той факт, що такі процеси швидкого оновлення складників міського «організму» як ніколи вимагають ухвалення точних, ефективних, науково обґрунтованих рішень. Досягти цього дає змогу сучасна містобудівна методологія, що обертається довкола категорій часу та простору. Вони є фізичною сутністю, у якій розвивається людське суспільство, визначальними чинниками його генотипних особливостей і структури. Розгляд ЗВК із позицій актуальних уявлень про час і простір сприятиме уточненню вектора досліджень, осмисленню об'єктивності містобудівних процесів та їхньому передбаченню.

Залізничні вокзальні комплекси належать до категорії об'єктів, що сьогодні у професійному середовищі викликають жваві дискусії, зумовлені значною мірою різноманіттям і складністю завдань, що виникають під час їхнього формування та розвитку. Вирішення цих завдань відбувається з позицій різних предметних площин і відбиває окремі аспекти об'єкта: функціональну та планувально-просторову організацію, художньо-образне рішення, типологічні



характеристики, роль у транспортній інфраструктурі міста тощо [1–12]. Цілісне уявлення про ЗВК, однак, можна отримати винятково на підставі особливої дослідницької позиції, що спирається на сучасні методологічні підвалини наукових досліджень.

Істотний вплив на становлення нової наукової парадигми в архітектурі та містобудуванні має переосмислення засадничих понять про час і простір, на яких ґрунтуються побудови всіх актуальних уявлень про формування матеріальної оболонки існування й розвитку соціуму. Архітектурно-містобудівна наука перебуває на етапі переходу від класичної (Евклідової) концепції простору та часу до нових уявлень, пов'язаних із поняттями багатовекторності, багатовимірності та єдності просторово-часового континууму [13,14]. Так, можна виділити соціальний та індивідуальний простір і час, а також відповідні засоби їхньої організації. На цьому ґрунтується концепція спрямованого розвитку штучного середовища, у якому діють загальні закономірності (збереження енергії та часу) і принципи (компактності, ієрархічності структур тощо).

На думку З. Гідіона, просторово-часова концепція розкриває взаємодією і взаємопроникнення внутрішнього та зовнішнього простору й одночасність сприйняття цього зв'язку людиною [15, С. 12]. Із цих позицій можемо розглядати залізницю (і ЗВК як її частину) як певний засіб, що забезпечує відчуття людиною зв'язку міста з іншими, зовнішніми, упорядкованими людиною просторами систем населених місць, регіонів. Залізниця перетворилася на перший продукт людської діяльності, що здатне не загубитися у величущій кількості природних структур. Штучні споруди залізниці є проміжною ланкою між людським і природним масштабом: достатньо крупні в порівнянні з окремою людиною, вони були співвідносні з протяжністю річки, пагорба чи широкого степового простору [16, С. 487].

Сучасні дослідники акцентують на важливості технічного й технологічного прогресу як впливових чинників і засобів перетворення середовища життєдіяльності соціуму: «Процеси урбанізації відбуваються під впливом технологічного прогресу й обумовленої ним сьогодні вже постіндустріальної цивілізації» [17, С. 5].

Розглядаючи залізничні вокзальні комплекси в контексті сучасної концепції просторово-часового континууму, важливо розкрити її фізичне значення для містобудування. Еволюція цивілізації тісно пов'язана з перетворенням простору, накладанням нових, штучних просторово-часових

структур на просторово-часові структури, що склалися природним шляхом. Дія фундаментальних законів природи, які стосуються електромагнітних, хімічних, біологічних, інших взаємодій і гравітації, зумовила наявну різноманітність форм природи, а також часових циклів розвитку та функціонування всіх її компонентів, зокрема людини. У біологічній науці можна знайти багато прикладів залежності формотворення живих організмів від умов середовища й особливостей перебігу часу. Так, кліматичні цикли змін тепла та холоду зумовлюють розвиток значної кількості рослинних і тваринних форм, час міграції птахів і тварин; добові цикли зміни світла-темряви організовують життєдіяльність усього живого, зокрема людини. Суспільство, однак, має унікальну здібність перетворювати не лише матеріально-просторове середовище, формуючи штучну оболонку життєдіяльності, а й створювати власні часові закономірності, що відрізняються від природних. Це дає змогу оволодівати та підпорядковувати великі простори, організовуючі їх як функціонально-просторову цілісність (рис. 2.8). Штучно сформовані урбанізовані території спричиняють появу особливого способу (зокрема часових ритмів) життєдіяльності мешканців. Надалі мобілізацію всіх охоплених транспортом ресурсів відбувається ускладнення соціальних і технічних систем суспільного організму і утворення наступного шару його просторового розвитку. Таким чином, упорядкування значних за розмірами територій відбувається завдяки їхньому об'єднанню в цілісний організм транспортною системою, що має лінійно-вузлову структуру. Функціонування, розвиток таких могутніх містобудівних систем, як міста, СНМ, регіони, а також керування ними неможливі поза межами часових ритмів життєдіяльності, що сформувалися завдяки транспортним системам. Цим ритмам підпорядковуються трудові, культурно-побутові, рекреаційні маятникові міграції населення, поїздки пасажирів на дальні відстані та перевезення вантажів. Сучасні міста опановують інший життєвий ритм і, відповідно, форми організації простору – первинні генотипні системи життєдіяльності людини-цивілізованої. Переміщення у просторі великих мас людей із неприродною швидкістю (до 500 км/год і навіть до 560 км/год) не могло не позначитися на характеристиках матеріальної оболонки існування соціуму. Сьогодні вона утворює складну розвинену ієрархічну систему, яка ґрунтується на вузлах щільно урбанізованих просторових структур (міста), пронизаних і об'єднаних комунікаціями різних рангів і типів, що, зі свого боку, також мають лінійно-вузлову структуру.

**МІСТОБУДІВНИЙ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ КОНТИНУУМ**

В, км/год

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

МІСТОБУДІВНЕ УПОРЯДКУВАННЯ ПРОСТОРУ

ЗРОСТАННЯ ШВИДКОСТІ КМ/ГОД

ЧАС

ПРОСТІР

РЕГІОН

СНМ

МІСТО

3BK

КОНЦЕНТРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ПРОСТОРУ В МЕЖАХ МІСТА

$R_1$

$R_2$

$R_3$

$R_3 > 1000$  км

$R_2 = 100$  км

$R_1 > 10$  км

$T = \frac{R_1}{V_1} = \frac{R_2}{V_2} = \frac{R_3}{V_3} = \dots = 24 \text{ год. (const)}$

Виконання цієї функції пов'язано з організацією циркуляції у структурі ЗВК значних пасажирських потоків, які є носіями людської енергії (фізичної,

емоційної, інтелектуальної тощо). Так, обсяги пасажиропотоків на добу складають на центральних ЗВК таких міст, як Прага 100 тис., Стокгольм, Ганновер, Шанхай – 150 тис., Берлін – 350 тис. осіб. Концентрація значних енергетичних потоків, що зумовлених утворенням (завдяки швидкості потягів) штучних часових ритмів, об'єктивно спричиняє деформацію простору, тобто утворення матеріально-просторових структур, що відрізняються від оточуючих. Ця відмінність утілюється, передусім, у таких якостях, як багатофункціональність, висока щільність забудови, отже, багаторусність, наявність розвиненої системи вертикальних комунікацій, ієрархічність структури складників. Сучасні ЗВК є «паростками» міста майбутнього та певними зонами нової якості середовища, де відбувається активна соціальна взаємодія (рис. 2.9). Аналіз досвіду дає підстави говорити про те, що рівень структурованості простору ЗВК (що містить транспортно-комунікаційне ядро та багатофункціональне оточення) і його розміри безпосередньо залежать від перевізної здатності залізничної станції та соціально-економічних умов, що склалися. Так, розміри ділянок, сформовані як цілісні багатофункціональні суспільно-транспортні комплекси складають у Шанхаї 47 га, у Кіото – 23,8 га, у Ліллі – 40 га, у Монреалі – біля 80 га. Залізничний вокзальний комплекс, залишаючись елементом системи залізничного транспорту, набуває значущості як компонент інфраструктури територій (міських, СНМ), що об'єднує як транспортні системи різного типу, так і системи соціального обслуговування.

Композиційні особливості формування ЗВК розкриваються в потребі просторового оформлення переходу людини від смуги одного часового ритму й швидкості до іншої. ЗВК, які забезпечують цей процес, мають володіти особливими характеристиками, що відрізнятимуть їх від інших елементів матеріально-просторової оболонки. Простір вокзального комплексу, є для пасажирів внутрішнім щодо міського, а також певною сполучною ланкою між останнім і грандіозним просторами подоланого шляху. Таким чином, ЗВК як вузловий елемент залізниці, що пронизує ці простори, виконує функцію взаємопроникнення внутрішнього та зовнішнього простору. Простір є засадничим поняттям та фізичним змістом, у якому розвивається суспільство, визначальним чинником його генотипних особливостей і структури. Організація простору функціонування залежно від базових, генотипних уявлень про світ може бути різною. Так, помітною стала відмінність в уявленнях про ЗВК між Росією і Англією. Англія періоду капіталізму будує вокзали – склади,



де функції організації пасажирської діяльності та перевезення вантажів майже просторово об'єднані.



Рис. 2.9 – Реконструкція ЗВК та прилеглої території  
м. Роттердам, Голландія

Пасажирів розміщують в одному потязі з вантажем. Перший російський вокзал мав вигляд паркового павільйону з розважальними функціями. Схожі технологічні умови роботи вокзалу як нового типу громадського комплексу спричинили абсолютно різні форми організації архітектурно-художнього простору.

Отже, просторова організація життєдіяльності суспільства та різні форми територіального розвитку значною мірою зумовлені пересуванням, а транспортні системи є визначальним аргументом у моделюванні сучасного просторово-часового континууму існування людства. Значні за обсягом пасажирські потоки, що проходять крізь залізничні вокзальні комплекси, створюють умови для концентрації енергії, отже, формують структурований багатофункціональний простір. Форми його просторової організації є різними, зумовленими зовнішніми містобудівними умовами та наявністю економічних ресурсів. Розгляд залізничних вокзальних комплексів у контексті наукової парадигми просторово-часового континууму дає змогу розкрити об'єктивні передумови їхнього архітектурно-містобудівного формування та прогнозувати їх подальший розвиток.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренкова З. В. Вокзал для города / З. В. Лазаренкова // Промышленное и гражданское строительство. – № 10. – 2000. – С. 13–14.
2. Батырев В. М. Вокзалы / В. М. Батырев. – М. : Стройиздат, 1988. – 216 с.
3. Древаль И. В. Эволюция вокзальных комплексов как структурно-функциональных элементов города / И. В. Древаль: Проблеми архітектури і містобудування Вісник ДОН НАБА. – Вип. 6(74), 2008. – С. 38–44.
4. Древаль И. В. Архитектурно-градостроительные аспекты прогнозирования развития железнодорожных вокзальных комплексов / И. В. Древаль // Науковий вісник будівництва Зб. наук. пр. – Х. : 2010. – Вип. 59. – С 12–19.
5. Древаль И. В. К вопросу о становлении понятия «железнодорожный вокзальный комплекс» / И. В. Древаль // Сучасні проблеми архітектури та містобудування : наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2010. – Вип. 24. – С. 322–330.
6. Древаль І. В. Залізничний вокзальний комплекс як «динамічна візитівка» сучасного міста / І. В. Древаль // Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку найкрупніших міст України : зб. наук. пр. – К. : Ін-т «ДНІПРОМІСТО», 2011. – Вип. 20. – С. 250–259.

7. Криворучко Ю. Сучасні прийоми функціонально-планувальних рішень залізничних вокзальних комплексів на прикладі реконструкції львівського залізничного транспортного вузла / Ю. Криворучко, Г. Шульга // Досвід та перспективи розвитку міст України. Проблеми розвитку найкрупніших міст України : зб. наук. пр. – К. : Ін-т «ДНІПРОМІСТО», 2011. – Вип. 20. – С. 219–226.

## **2.5 Містобудівне моделювання залізничних вокзальних комплексів**

Вирішення завдань розвитку містобудівного простору пов'язано з удосконаленням функціонально-просторової організації його складників, зокрема елементів транспортно-комунікаційного каркасу. Залізничні вокзальні комплекси (ЗВК) – вузлові елементи залізничної транспортної мережі, які сьогодні є об'єктами активної реконструкції. Це актуалізує пошук ефективних методів їхнього дослідження та проектування. Важливість опрацювання цих питань зумовлена також загальним станом містобудівного простору, що характеризується наразі, як влучно зауважують науовці, наростанням тенденцій біфуркаційного розвитку [1, 2, 4–6]. У цій ситуації в місті та його підсистемах активізуються сили самозбереження й саморозвитку, що сприяє продукуванню нового стану шляхом розвитку окремих функцій на певних територіях. Дослідження останніх тенденцій розвитку ЗВК дають підстави говорити про те, що вказані процеси виявляються у збільшенні функцій громадського обслуговування у структурі комплексу, у розширенні територій для додаткового (супровідного) і цільового обслуговування пасажирів, що підвищує привабливість та рентабельність об'єктів [2, 4]. Наразі, однак, у нормативних документах відсутні рекомендації щодо формування та розвитку ЗВК як цілісного багатофункціонального містобудівного комплексу. Це спричиняє їхнє стихійне функціонально-просторове перетворення, що значно знижує ефективність використання міських територіальних ресурсів.

Широко вживаним методом дослідження таких складних систем, як ЗВК, є моделювання. Суть цього методу полягає в заміщенні реального об'єкта його адекватним відображенням, що містить найбільш значущі характеристики та властивості, важливі для вирішення певного завдання. Установлення причиново-наслідкових зв'язків, властивих досліджуваному об'єкту, відбувається під час побудови його концептуальної моделі. Вона дає змогу з'ясувати залежності між головними характеристиками процесів, що відбуваються, і параметрами комплексу.

Оскільки мережа залізничного транспорту охоплює й обслуговує весь містобудівний простір, то моделювання ЗВК пов'язане із залученням певних характеристик і параметрів систем вищих ієрархічних рівнів: регіон, СНМ, місто, ділянка комплексу [2, 3].

Містобудівне моделювання залізничних вокзальних комплексів має функціональні, планувально-просторові та композиційні складники-етапи.

Функціональне моделювання ЗВК ґрунтується на аналізі характеристик пасажирської діяльності, визначеної якісними та кількісними характеристиками пасажиропотоків. Пасажирська діяльність локалізується на ділянках певних функціональних блоків, на яких зосереджена відповідна діяльність із надання послуг або обслуговування технологічних процесів. Приймавши пасажиропотоки за головні носії соціально-функціонального змісту вокзального комплексу, різновиди базової функціональної моделі можна отримати залежно від складу пасажирів, що прибувають. Модель, що містить теоретично можливий набір функціональних процесів, можна формалізувати так:

$$P = \sum (P_i \times D_i),$$

де  $P_i$  – діяльність  $i$ -го типу пасажиропотоку;

$D_i$  – питома вага групи  $i$ -го типу пасажиропотоку.

Насправді, деякі  $D_i = 0$  або  $D_i \rightarrow 0$ . Якщо  $D_i = 0$ , то певна функціональна діяльність на ЗВК відсутня (пересадка на приміський автотранспорт). Якщо  $D_i \rightarrow 0$ , то певна функціональна діяльність на ЗВК потребує мінімальної площі та може бути об'єднана в одному просторі з розвиненою функцією (розміщення інформаційного блоку в залі очікування, територіальне об'єднання таких функцій, як харчування, очікування). Таким чином, базова модель набуває конкретної функціональної інтерпретації, а вокзальний комплекс – відповідних вимог до функціональної організації.

Структурування містобудівного простору загалом і його елементів визначається саме комунікаційною діяльністю. Структурно-планувальна та просторова організація ЗВК зумовлена комунікаційним складником. З-поміж різних комунікаційних каналів комплексу варто виділити головні транспортні та головні пішохідні комунікації. До першої групи належать комунікації залізничного транспорту (залізничні колії), що локалізуються в межах пасажирської станції, а також комунікації міського транспорту, що локалізуються в межах привокзальної площі та прилеглих вулиць (у зоні



досяжності до 100 м). Другу групу складають такі різновиди пішохідних комунікацій: регламентований технологічний рух (у межах станції), руху до об'єктів цільового громадського обслуговування (у зоні досяжності від 100 до 500 м), вільний нерегламентований рух (у межах комплексу).

Загальна структура комунікаційних каналів утворює модель, подібну до біологічної: артерії – судини – капіляри – вени. Артеріями є залізничні комунікації, міські транспортні комунікації подібні до вен, а пішохідні комунікації до судин і капілярів. Кожна з груп комунікаційних каналів утворює певний просторовий каркас, що є підґрунтям формування певних структурно-функціональних блоків, насичених функціями, що тяжіють до певної комунікації. Так, елементи технологічного обслуговування пасажирів (касові зали, зали короткотермінового очікування, елементи супутного обслуговування) тяжіють до комунікацій регламентованого технологічного руху та руху залізничного транспорту.

Побудова кожного зі структурно-функціональних блоків має певні закономірності. Так, головний комунікаційний блок – транспортно-комунікаційне ядро ЗВК – прагне компактності, що забезпечує найкоротші, найбезпечніші та найкомфортніші зв'язки між залізничним і міським транспортом. Блок цільового громадського обслуговування набуває різних просторових форм, залежно від складу, наявних територіальних ресурсів, функціонально-просторових характеристик оточуючої забудови, економічних і технічних можливостей організації ЗВК.

Залежно від містобудівної ситуації рівня «місто» чи «ділянка» розгортається просторова структура ЗВК: однорівнева, дворівнева, трирівнева, багаторівнева.

Особливо важливим для моделювання ситуації рівня «місто» є дослідження місця розміщення ЗВК у зональній структурі, що розкриває можливості й передумови розвитку об'єкта. Існує три головні можливості розміщення ЗВК: у центральній, у серединній і в периферійній зоні міста.

У першому випадку функціональне наповнення блоку громадського обслуговування ЗВК формується за принципами унікальності та доповнюваності з огляду на якісні й кількісні показники функції обслуговування, що вже склалися в міському центрі. Просторово-планувальне рішення має бути максимально компактным через щільність забудови міського центру й вартість землі в цій частині міста та вирішуватися за принципом вертикальної сегрегації функцій у їхній просторовій організації.

Планувальними прийомами мають бути: максимальна компактність і багаторівневність. Оскільки в центральній зоні розміщуються ЗВК із провідною функцією регіонального обслуговування, його містобудівна значущість є найбільшою. Зважаючи на це, композиція залізничного вокзального комплексу має будуватися за принципом максимальної репрезентативності з виявленням містобудівної домінанти.

У другому випадку ЗВК розташований у серединній зоні та, ймовірно, у його структурі формуватиметься центр обслуговування районного рангу з функціональним наповненням, що відповідає як потребам пасажирів, так і мешканців прилеглої території. Просторове рішення комплексу може бути менш компактным, ніж у першому випадку. Воно має відповідати характеру забудови за щільністю та стилем. Особливого значення набуває розмежування пішохідних і транспортних комунікацій. У композиційному аспекті ЗВК є акцентом і просторовою домінантою, що може утворюватися через забудову блоку громадського обслуговування комплексу.

У третьому випадку ЗВК розташований у периферійній частині міста. На його базі формуються центри громадського обслуговування з перехоплювальною функцією. У цьому разі ділянка має більші територіальні ресурси, а планувально-просторові рішення є більш різноманітними.

Важливим етапом моделювання є оптимізація параметрів моделі. Функціональна модель ЗВК ґрунтується на відповідності функціонального наповнення (з погляду якості та кількості) потребам пасажирів і мешканців міста в отриманні різних послуг за мінімальний час.

$$N_{\text{пос}} \rightarrow \max \text{ при } T_{\text{заг}} \rightarrow \min \text{ і } C_{\text{гр}} \rightarrow \min,$$

де  $N_{\text{пос}}$  – кількість послуг;

$T_{\text{заг}}$  – загальний час досягнення місць локалізації послуг пасажирями;

$C_{\text{гр}}$  – вартість транспортних витрат на досягнення місця локалізації послуг у місті.

Визначальним критерієм оцінювання ефективності містобудівної моделі ЗВК є головна цільова функція системи – забезпечення ефективної циркуляції пасажирських потоків між містом і зовнішнім середовищем. Це передбачає мінімізацію часу, який витрачається пасажирями на досягнення мети прибуття в місто. Ідеться про те, що сумарні витрати часу всіма категоріями пасажирів в ефективній моделі мають наближатися до мінімуму.

Ефективну модель просторової організації ЗВК можна подати у вигляді такої формули:

$$(\sum T_{\text{пас}} \rightarrow \min); \quad (\sum S_{\text{обсл}} \rightarrow \max);$$

$$\sum T_{\text{пас}} = t_{\text{тр}} \times N_1 + t_{\text{п}} \times N_2,$$

де  $\sum T_{\text{пас}}$  – сумарна кількість часу, що витрачається пасажиром на досягнення місця локалізації громадського обслуговування певного рангу.

$\sum S_{\text{обсл}}$  – сумарна кількість корисної площі для цільового громадського обслуговування певного рангу;

$t_{\text{тр}}$  – сумарний час можливого під'їзду до об'єктів громадського обслуговування певного рангу, розташованих поза ЗВК;

$t_{\text{п}}$  – сумарний час пішохідного підходу до об'єктів громадського обслуговування певного рангу, розташованих в межах ЗВК;

$N_1$  – кількість пасажирів, які виїжджають за межі ЗВК міським транспортом із різними цілями;

$N_2$  – кількість пасажирів, які отримують громадське обслуговування певного рангу в межах ЗВК.

Мінімальні витрати часу регламентуються також ергономічними характеристиками руху груп пасажирів, із одного боку, і параметрами просторового розміщення головних функціональних модулів (місць тяжіння пасажирів), – з другого.

Залежність просторово-планувальних параметрів ЗВК від параметрів *часу реалізації елементів діяльності пасажирів* можна подати у вигляді такої формули:

$$(a \times b \times c) = f(\sum T_i^n),$$

$a, b, c$  – просторові параметри ЗВК;

$T_i^n$  – час, що витрачається на  $i$ -ту діяльність  $n$ -ю групою пасажирів.

Отже, містобудівне моделювання ЗВК дає змогу знайти найбільш ефективне рішення, що характеризується високим рівнем використання міського простору для отримання корисних ефектів. Таким корисним ефектом для ЗВК є гармонійне, збалансоване поєднання двох головних складників комплексу: комунікаційної та локалізованої функцій обслуговування. Це сприяє ефективній циркуляції пасажирських потоків між містом і його оточенням, створює репрезентативний, унікальний образ «міської брами». Функціональні та просторові моделі ЗВК можуть бути використані для розроблення містобудівних регламентів розвитку.

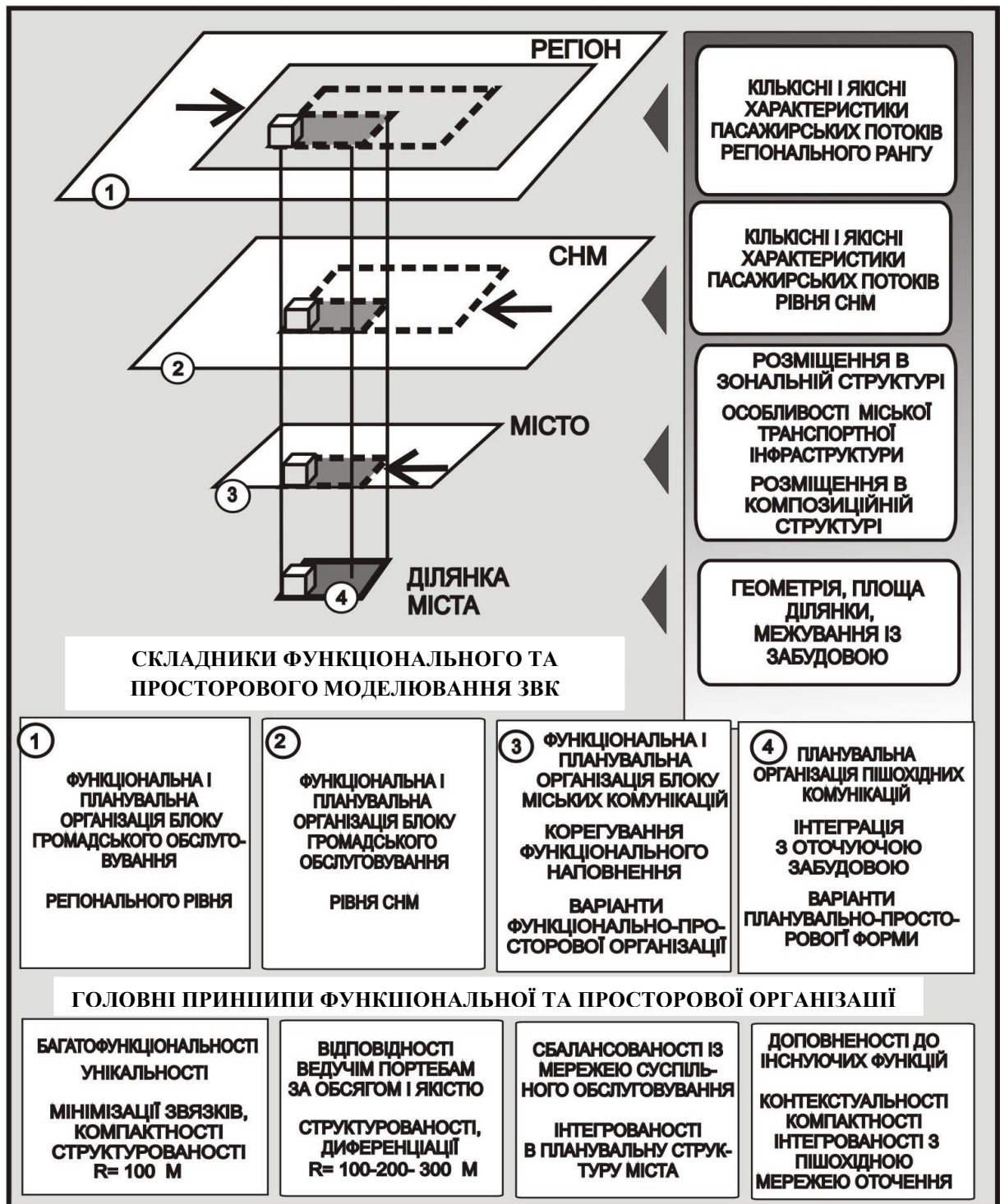


Рис. 2.10 – Містобудівне моделювання залізничних вокзальних комплексів

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Габрель М. М. Просторова організація містобудівних систем / М. М. Габрель. – К. : Вид-ий дім А. С. С., 2004 – 400 с. – (Ін-т регіон. дослідж. НАН України).

2. Древаль И. В. Градоформирующая роль железнодорожных вокзальных комплексов / И. В. Древаль // Наук. вісн. буд-ва. – Х. : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. – Вип. 47. – С. 115–119.
3. Древаль І. В. Дослідження залізничних вокзальних комплексів з позицій системного підходу / І. В. Древаль // Наук. вісн. буд-ва: зб. наук. пр. – Х. : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 00. – С. 292–301.
4. Мироненко В. П. Архитектура современных железнодорожных вокзальных комплексов. Модернизация вокзалов и тенденция развития ЖВК / В. П. Мироненко // Вісник ХДАДМ. – 2006. – С. 18–21.
5. Плешкановська А. М. Реконструктивна діяльність у контексті міського розвитку / А. М. Плешкановська // Містобудування та територіальне планування: зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2010. – Вип. 37. – С. 413–420.
6. Материалы международной конференции «Развитие вокзалов России», 2008 г. – Интернетресурс: [www.businessdialog.ru](http://www.businessdialog.ru).

## **2.6 Архітектурно-містобудівні аспекти актуалізації питань формування залізничних вокзальних комплексів**

Функціонування міста в сучасних умовах неможливе без активних зовнішніх зв'язків населення (виробничих, торгових, побутових, навчальних, культурних), успішна реалізація яких визначається здебільшого ефективною організацією вокзальних комплексів, адже залізниці за обсягами обслуговування пасажирських перевезень на дальні та середні відстані мають провідне значення. Із погляду містобудівного формотворення ЗВК є одним із домінантних вузлів міського полотна. Вони стягують транспортні потоки (зовнішньо та внутрішньоміські), залучають супутні функції (торгові, розважальні, ділові), перетворюючись на важливий містобудівельний чинник. У художньо-образному аспекті вокзал зазвичай розглядають як певні ворота й візитівку міста. Вокзальний комплекс як важливий елемент міст активно взаємодіє зі структурою міста, на чому акцентує низка науковців [1–3, 9]. Потреба в упорядкуванні й управлінні такою взаємодією актуалізує проблему наукового вивчення сучасних вокзалів як архітектурно-містобудівних феноменів.

Наразі в Україні залізничний транспорт як важливий складник народного господарства перебуває в періоді інтенсивних пошуків подальших шляхів розвитку та мобілізації ресурсів в умовах становлення нових соціально-

економічних відносин. Потреба в перетвореннях компонентів системи зовнішнього транспорту міста – залізничних вокзальних комплексів, зумовлена значним технічним і технологічним зносом більшості споруд, змінами в соціально-економічній сфері, а також планованим приєднанням України до транспортної системи Європейського союзу.

Високий містобудівний потенціал системи залізничного транспорту та перспективність його розвитку в Україні пов'язані з такими чинниками, як:

- значна провізна здатність;
- високий ступінь екологічності;
- щільність мережі залізничних магістралей (37 км на 1 тис. км, що є високим показником для Європи).

Актуальність дослідження проблем містобудівного формування й розвитку залізничних вокзальних комплексів підтверджується посиленням уваги до розвитку залізничного транспорту з боку органів державного управління. Так, у Постанові Кабінету Міністрів України від 23 квітня 1999 р. № 661 «Про заходи державної підтримки залізничного транспорту» ідеться про забезпечення Міністерством транспорту й Укрзалізницею виконання завдань Програми реструктуризації залізничного транспорту, спрямованих на структурне перетворення галузі, удосконалення системи управління та підвищення якості транспортних послуг [11]. Очевидним є те, що без удосконалення архітектурно-містобудівної організації вокзальних комплексів це завдання буде складно вирішити.

Зацікавленість із боку вчених питаннями формування, розвитку, перетворення вокзальних комплексів також у теоретичному розробленні згаданих проблем практичній простежується архітектурно-містобудівній і управлінській діяльності. На сьогодні в науковій літературі розглядаються різні аспекти проблем формування та розвитку вокзальних комплексів:

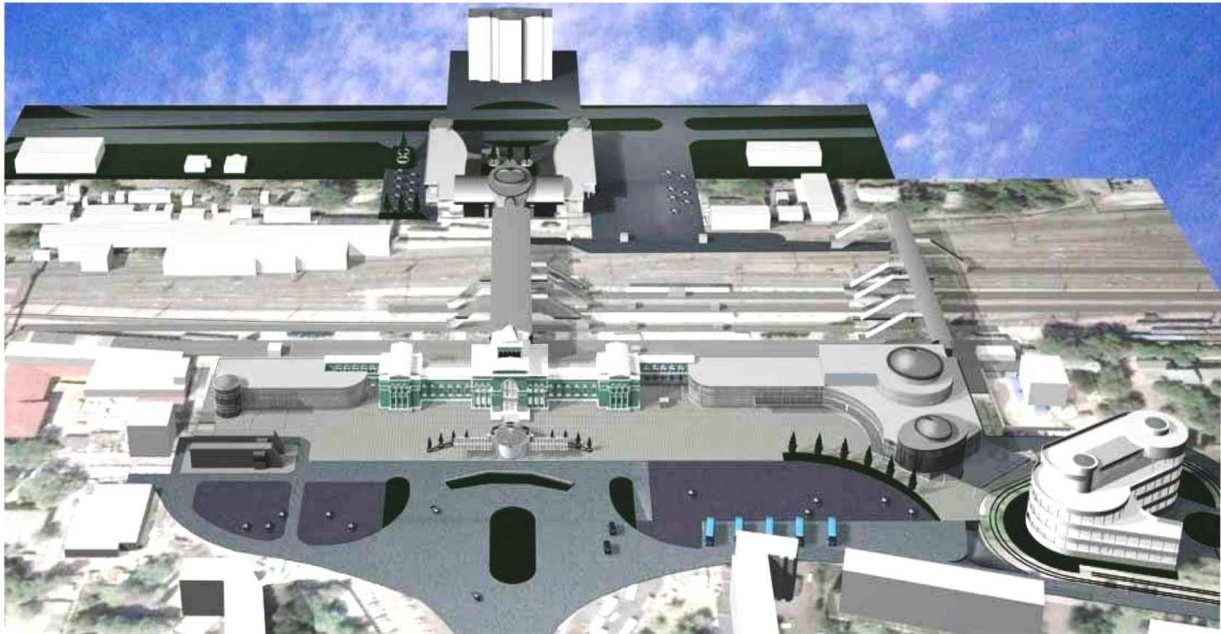
- вплив характеристик місця розміщення ЗВК у структурі міста на особливості його формування [1, 3];
- особливості технологічної організації [6, 7];
- закономірності структурної, функціональної, просторово-планувальної та композиційної організації [2, 4, 5, 8];
- моделювання вокзальних комплексів у системі «місто» [4].

Одна з особливостей реалізації останніх проектних розробок із реконструкції залізничних вокзалів в Україні полягає в переході від реконструкції пасажирської будівлі та ділянок пасажирських платформ до комплексного перетворення прилеглої міської території. Згадаємо проекти

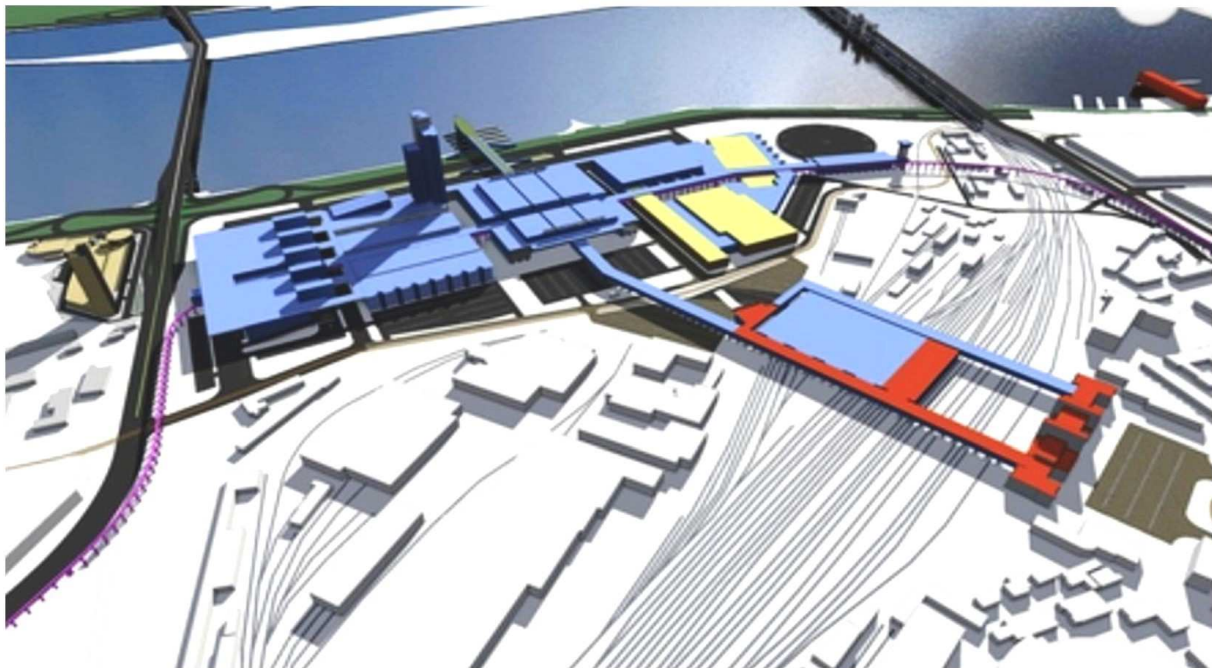
реконструкції ЗВК м. Дніпропетровська, м. Донецька, м. Києва (рис.2.11). Під час реконструкції вокзальних комплексів малих і середніх міст активно розробляється їхня архітектурно-образна своєрідність надається статус найважливішого міського об'єкта (Миргород, Гоголево, Люботин, Роздільна).

Постійно удосконалюються ЗВК у країнах зарубіжжя. Останнім часом реалізовано проекти реконструкцій кількох крупних європейських транспортних вузлів, а саме: Діловий центр «ЕвроЛілл», Франція (архітектори: Р. Кулхас та інші, 1988–1993 рр.), вокзальний комплекс Штутгарт, Німеччина (АБ Ingenhoven, Overdiek, Kahlen, 1997–2007 рр.), реконструкція вокзального району, Роттердам, Голландія (архітектор У. Олсон, 2001 р.), діловий центр Зюйдас в Амстердамі, Голландія (de Arcitecten Cie, початок будівництва – 1999р.). Реалізується проект модернізації вокзального комплексу Західного Коулуна, Гонконг (архітектори: Тері Фаррелл, та інші, 1992–2007 рр.). Усі ці проекти різняться застосуванням високих технологій у будівництві й обслуговуванні, ефективною функціонально-просторовою організацією, коректним вписанням у містобудівний контекст, яскравістю архітектурних символів.





ЖВК М. ДОНЕЦЬК, АРХІТЕКТОР В. ТЕРЕНТЬЄВ, ВАО ІНСТИТУТ ДНІПРОГІПРОТРАНС, МАКЕТ  
ОНОВЛЕНОГО КОМПЛЕКСУ  
<http://www.cfts.org.ua/imglib/82811649fc40b936c17007b75de11349.jpg>



РОЗВИТОК БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ГРОМАДСЬКО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ У М.  
ДНІПРОПЕТРОВСЬК, ПРОЕКТ ПП «КОНКОРС-С», 2011 Р.  
<http://citex.info/html/element/transportnyj-portal-vizualizacii-projektov-2011-10-07>

Рис. 2.11 – Розвиток сучасних залізничних вокзальних комплексів в Україні

Інтенсифікація процесів реконструкції та розвитку федеральної залізниці берлінського залізничного вузла, напрямків, що сполучають Берлін із Гамбургом, Ганновером, Хельмштедтом, Дрезденом, Нюрнбергом, Мюнхеном і



Франкфуртом на Майні, зафіксована в роботі [8], також є частиною світової тенденції до модернізації транспортно-комунікаційних вузлів і до перетворення їх на багатофункціональні містобудівні комплекси. На ефективності саме масштабних містобудівних проектів із реконструкції вокзалів у розвинених країнах Європи й Азії акцентується праці [9].

Таким чином, формування ЗВК є виявом одного з характерних процесів сучасної урбанізації – територіального групування взаємопов'язаних функцій і виникнення на цій підставі морфологічно нових поліфункціональних комплексів. Відсутність стереотипів їхнього створення потребує спеціального типологічного аналізу та розроблення прийомів архітектурно-містобудівної організації.

Реконструкція вокзальних комплексів тісно пов'язана з розвитком міста загалом. Так, у Франції в міських планах урбанізації, будівництва й архітектури багато уваги приділяється залізничним вокзалам, зокрема аналітичним дослідженням функціонування вокзалів як крупних полюсів пасажиропотоків. Водночас особливе місце займають структурно-функціональні, планувальні й естетичні характеристики вокзалів, розглянуті в роботах із автономного управління Паризького транспорту (RATP). Автори вказують на безсумнівну економічну вигоду від реалізації поширеної концепції пристрою крупних пересадкових вузлів у країнах Азії, що об'єднують станції різних ліній одного або кількох видів транспорту [9, 10].

Актуалізація питань формування та реконструкції вокзальних комплексів, а також управління їхнього розвитку має такі містобудівні аспекти, пов'язані з певними рівнями містобудівного проектування:

- на регіональному рівні (систем населених місць) потрібне формування цілісної мережі ЗВК, що містить головні типи, зокрема нові (виконання митної функції, термінали, мережа ЗВК, обслуговуючих швидкісні лінії);

- на рівні міста особливу вагу мають питання регулювання територіального розвитку ЗВК, його коректного вписання в наявний містобудівний контекст або значного перетворення міського полотна у зв'язку з розвитком на базі вокзалу багатофункціонального комплексу;

- на рівні території самого комплексу актуальними є завдання впровадження нових технологій, організації транспортного руху, підвищення рівня комфортності для пасажирів, розширення функціонального змісту, пошук архітектурно-художнього образу.

Отже, неповторність просторово-планувального та функціонального рішення кожного з вокзалів є наслідком впливу низки містобудівних чинників регіонального, міського та локального рівнів і залежить від типу залізничної станції. Типологічне різноманіття залізничних вокзальних комплексів наразі, однак, не набула достатнього наукового розроблення. Із огляду на це, а також на світові тенденції в розвитку цих об'єктів, вирішення питань формування й управління розвитком ЗВК уможливить розв'язання проблем одразу на кількох містобудівних рівнях. Розуміння ролі ЗВК у містоформуванні особливо важливе для малих і середніх міст, у яких вокзальні комплекси займають чільне місце в низці головних елементів системи «місто».

Нагальна потреба в забезпеченні подальшого розвитку залізничних вокзальних комплексів в умовах розбудови урбанізації й усвідомлення важливості управління її процесами, з одного боку, і відсутність достатньої методичної та методологічної бази, з другого, – перетворюють дослідження містобудівних аспектів формування ЗВК на низку актуальних наукових завдань.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренкова З. В. Вокзал для города / З. В. Азаренкова // Промышленное и гражданское строительство. – 2000. – № 10. – С. 13–14.
2. Ерофалов Б. Восточный вокзал Сантьяго Калатравы / Б. Ерофалов // Архитектура, строительство, дизайн. – 2001. – № 4. – С. 58–61.
3. Правдин Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М. : 1983.
4. Правдин Н. П. Технология работы вокзалов и пассажирских станций / Н. П. Правдин, В. Я. Негрей, В. И. Лукашев. – М. : 1990.
5. Boutatigkeit der Deutschen Bahn in Berlin. Feldwisch Wolfgang, Ruppert, Gunter. ETR : Eisenbahntechn. Rdsch. – 2000. – № 6. – PP. 365–377.
6. Мироненко В. П. Архитектура современных железнодорожных вокзальных комплексов. Модернизация вокзалов и тенденция развития ЖВК / В. П. Мироненко // Вісник ХДАДМ. – 2006. – С. 18–21.
7. Плешкановська А. М. Реконструктивна діяльність у контексті міського розвитку / А. М. Плешкановська // Містобудування та територіальне планування: зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2010. – Вип. 37. – С. 413–420.
8. Материалы международной конференции «Развитие вокзалов России», 2008 г. – Интернетресурс: [www.businessdialog.ru](http://www.businessdialog.ru).

**ЧАСТИНА 3**

**ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ФОРМУВАННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

*«Місто – це, насамперед, суспільство.  
Місто – це обране Вами місце,  
яке дає Вам змогу стати тим,  
ким Ви насправді хочете бути».*

*Сергій Градиловський,  
генеральний директор Агенства  
розвитку м. Томська*

### **3.1 Особливості застосування сучасних прийомів інновацій у містобудівній екології**

Швидка урбанізація як глобальна проблема постала кілька десятиріч років тому, і розвиток великих міст у мегаполісах спричинив появу головних джерел перетворення та забруднення навколишнього середовища, а також зміну міського простору. У сучасному світі очевидною є потреба в пошуку шляхів виживання й стійкого розвитку територій, узгодженого вирішення екологічних, економічних і соціальних завдань. Головною метою в цьому разі досягнення екологічної рівноваги між містом і природою, штучним та природним середовищами планети. Забезпечення такої рівноваги, за якої життєво важливі та невідновлювані ресурси планети в недалекому майбутньому можуть бути вичерпані, набуває фундаментального характеру й особливої актуальності.

Важливу роль у вирішенні зазначених проблем відіграє містобудівна екологія. Маємо на меті проаналізувати вплив сучасних прийомів та інновацій на містобудівну екологію у великих містах.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань:

- 1) зробити історичний огляд формування містобудівної екології;
- 2) класифікувати прийоми та інновації екологічного будівництва, оцінивши їхню роль у формуванні комфортного й екологічно безпечного міського середовища;
- 3) запропонувати комплекс екологічних заходів під час реконструкції мікрорайону (на прикладі м. Харкова).

У другій половині ХХ ст. у містобудівній теорії та практиці з'явився новий напрям – містобудівна екологія, що вивчає архітектурно-планувальні закономірності регулювання взаємодії людини і природи, антропогенного і природного середовища з метою створення сприятливих умов для їхнього збереження, відтворення та гармонійного розвитку.

У період масового індустріального будівництва та містобудування під екологією міста розуміли охорону навколишнього середовища, здійснювану у процесі містобудівної діяльності.

Містобудівна екологія вирішує такі завдання:

- поліпшення мікроклімату міського середовища за допомогою архітектурних прийомів;
- охорона головних компонентів природного середовища: атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтово-рослинного покриву та тваринного світу;
- збереження особливо цінних природних ландшафтів.

Містобудівна екологія може містити такі складники: урбоекологія, архітектурно-планувальні та композиційні основи, головні соціальні аспекти, інженерний захист природного середовища, ландшафтно-кліматичний аналіз.

Архітектурний і містобудівний складники містобудівної екології мають більш ніж двотисячолітню історію розвитку. Екологія як наука про відносини між живими організмами, умови середовища їхнього проживання й усі функціональні процеси, що роблять середовище придатним для життя, виникла в середині XIX ст.

Етапи становлення містобудівної екології розглянуто на рис. 3.1.

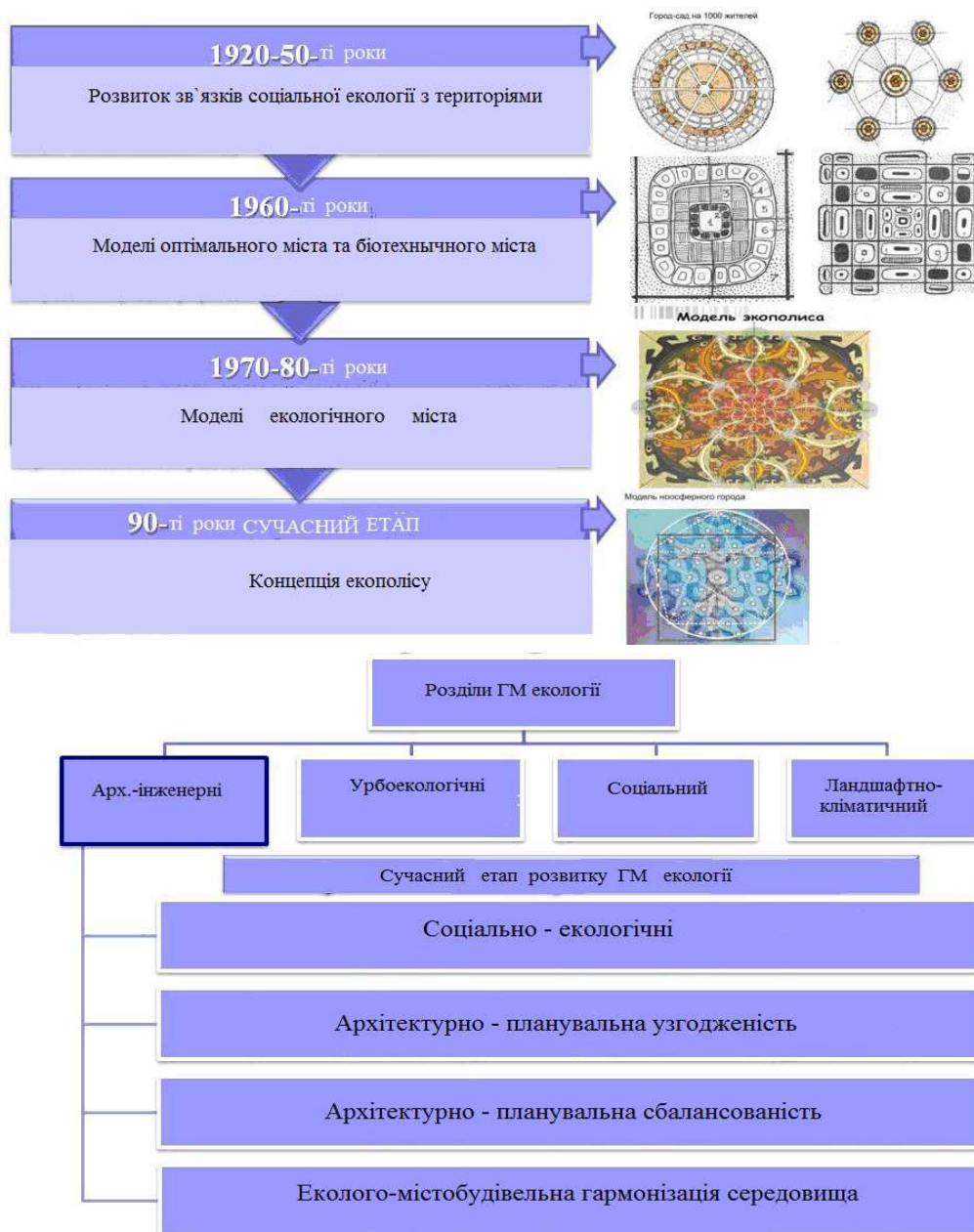


Рис. 3.1 – Етапи становлення містобудівної екології і її розділи (на прикладі концепцій і моделей міст)

На початку ХХІ ст. містобудівна екологія сформувалася як особливий напрям містобудівної науки, що має власні методологію та принципи дослідження. Вона наблизилася до етапу, коли її напрацювання мають широко застосовуватися на практиці будівництва міст і поселень у всьому світі.

Екологічний і соціальний комфорт проживання населення формуються під впливом як природних, так і соціально-економічних умов, особливо яскраво їхній вплив виявляється на локальному рівні.

Головні етапи оцінювання рівня комфортності проживання населення містять три складники: збирання вихідних даних (оцінюється природний потенціал території, екологічна ситуація та безпека середовища, соціальний потенціал, рівень благоустрою міського середовища); аналіз і оброблення даних; створення цифрових векторних карт і оцінювання рівня комфортності проживання населення.

Отже, критерії комфортності житлового середовища у великих містах умовно можна поділити на дві категорії: кількісні та якісні (рис. 3.2) [1].



Рис. 3.2 – Критерії комфортності житлового середовища

Наприкінці ХХ століття почався рух міст світу до сталого розвитку. У системі ООН створені структури, покликані допомагати переходу до стійко розвитку (НАВІТАТ – Центр ООН із людських поселень, UEF-Форум щодо міського середовища, UNEP – Програма ООН із навколишнього середовища та інші).

Концепція сталого розвитку суспільства є однією з форм екопрогресу.

Прийоми екологізації середовища проживання реалізуються через макрота мікромеханізми (рис. 3.3).



Рис. 3.3 – Структура екологізації середовища проживання

Макромеханізми визначають такі прийоми екологізації міського середовища, як екологічний розвиток суспільства та створення екоміст (екополісів).

Велике значення для екологізації міста має формування екологічної інфраструктури. Головним складником екологічної інфраструктури є система

зелених насаджень і акваторій міста. Наразі пропонується використовувати на її позначення термін «природний каркас». Природний каркас має бути складником системи життєзабезпечення міста. Така система природного типу, на відміну від іншої системи життєзабезпечення, складає техногенний каркас міста. Здебільшого саме вона має відповідати за створення прийнятних з екологічного погляду умов життя в місті. Згідно з визначенням до природного каркасу міста мають увіходити парки, сквери, бульвари, сади, водойми та елементи гідрологічної мережі. У процесі формування цієї системи потрібно виконати головну умову – забезпечити безперервність природного каркасу у просторі міста і його зв'язок із приміськими лісами й акваторіями. У цьому разі енергія, жива та нежива речовини (зокрема людина) біогеценозів і урбоценозів зможуть без перешкод циркулювати у просторі міста і поза ним.

Варто зазначити, що завдання з формування екологічної інфраструктури – це планувальна та містобудівна проблема [2].

Екологізація на рівні житла відіграє значну роль в екологізації міського середовища. Згідно зі статистикою всі наявні у світі будівлі споживають близько 40 % світової первинної енергії, 67 % електрики, 40 % сировини та приблизно 14 % сукупних запасів питної води. Водночас вони виробляють близько 35 % світових викидів вуглекислого газу та близько 50 % твердих міських відходів.

Саме така статистика змусила інженерів і архітекторів замислитися над удосконаленням будівельних технологій, унаслідок чого виникли «зелені» будинки.

Серед головних завдань «зеленого» будівництва можемо виділити такі:

- зниження рівня негативного сукупного впливу будівельної діяльності на навколишнє середовище та здоров'я людей;
- розроблення нових технологій і створення сучасних промислових продуктів;
- зниження енергоспоживання, а відповідно, і навантажень на електромережі;
- комплексне скорочення витрат на будівництво й утримання будівель.

Головними принципами «зеленого» будівництва є такі: економія та енергоефективність, комфорт, екологічність. Кожний «зелений» будинок протягом терміну експлуатації має залишатися екологічно безпечним і енергоефективним. Це стосується всіх етапів: від проектування й будівництва до зносу [3].



Ключові складники «зеленого» будівництва подано на рис. 3.4.

Економія й енергоефективність «зеленого» забезпечується традиційними та нетрадиційними (альтернативними) джерелами енергії (рис. 3.4) [4].



Рис. 3.4 – Альтернативні джерела енергії та тенденції їхнього використання

Отримання сонячної енергії за допомогою сонячних батарей відрізняється абсолютною екологічністю й енергоефективністю. Установлення сонячних батарей на дахах будівель автоматично перетворює їх на експлуатовані.

Ідея використання плоских дахів на сьогодні отримала міжнародне визнання, незалежно від особливостей клімату. У багатьох містах світу експлуатація й озеленення покрівель розглядається як один із шляхів вирішення проблеми оздоровлення навколишнього середовища та одержання додаткових

цінних міських територій. Україна, на жаль, не належить до тих країн, які активно використовують дахи будівель із цією метою. Часто перешкодами на шляху поширення застосування подібних сучасних технологій стають технічні та економічні проблеми, пов'язані з ризиком, відсутністю потрібних знань і стимулів, невирішені юридичні питання. Варто, попри це, зазначити, що в нашій країні більш популярними є так звані «наземні» дахи, які розміщені над підземними або заглибленими спорудами та зовні сприймаються як звичайні території міста з озелененням і благоустроєм [5].

Чотирма головними принципами архітектурно-планувальної організації експлуатованого даху є такі: принцип екологічності, принцип інтеграції природи з архітектурою, принцип адаптивності та відповідності, принцип функціонально-просторової інтеграції [6].

У мегаполісах, у яких значні території природного простору віддаються під забудову, «зелена» покрівля є ідеальним рішенням для компенсації шкоди, завданої природі. Цей спосіб улаштування даху став особливо актуальним із огляду на те, що вартість квадратного метра землі надзвичайно висока. Використання вільних площ дахів дало змогу компенсувати дефіцит «зелених» зон, улаштовувати на дахах будівель місця для відпочинку та проведення дозвілля.

Сучасні матеріали та технології уможливають створення стійкого до динамічних навантажень захисного покриття, що дає змогу використовувати площу даху у різних цілях: улаштовувати дитячі майданчики та майданчики для гольфу, зони відпочинку, парковки тощо. На даху створюють цілі сади з газонами, клумбами, водоймами та фонтанами [7].

Головними перевагами «зеленої» покрівлі є екологічність, економічність, естетичність і комерційність [8]. До недоліків «зеленої» покрівлі належать збільшення статичного навантаження на конструкцію будівлі та руйнування гідроізоляції кореневою системою рослин [8].

Вирішити проблему розміщення автотранспорту й водночас зберегти зелений газон у відмінному стані дасть змогу екопарковки. Екопарковка (екологічна парковка) – територія для паркування транспортних засобів, засіяна газонною травою й укріплена газонними ґратами, які запобігають пошкодженню кореневої системи рослин автомобільними шинами, зберігаючи естетичний вигляд ділянки.

Комплекс різних екологічних заходів пропонується вживати під час реконструкції житлових кварталів, обмежених проспектом Леніна, вулицями Новгородською, Леніна та Бакуліна в м. Харкові (рис. 3.5).

Квартали представлені забудовою різної поверховості (дво-, п'яти-, дев'яти-, шістнадцяти-поверхові будівлі) і різного періоду будівництва. На території кварталів розташовані дитячий садок, спортивний комплекс із футбольним полем, нефункціонуюча школа.

Під час реконструкції території, крім традиційних реконструктивних заходів (знос, реконструкція, надбудова, прибудова будівель, створення всіх нормативних елементів благоустрою тощо), запропоновано вживати комплекс таких екозаходів:

- улаштування сонячних батарей – проводиться установа сонячних фотоелектричних елементів на дах будівлі;
- улаштування озеленення покрівель – пріоритетним для кварталу, у якому проводиться благоустрій є екстенсивний тип озеленення покрівель будівель, доцільний із економічного та соціального погляду;
- улаштування озеленення покрівель із застосуванням сонячних батарей - комбіноване озеленення дахів з акумуляторами сонячної енергії дозволяє підвищити ефективність використання енергії. Субстрат, що використовується на озелених дахах, сприяє природному процесу охолодження панелей і таким чином зменшує втрати енергії;
- улаштування гостьових екопарковок;
- улаштування підземного паркінгу з упорядкованою експлуатованою покрівлею.

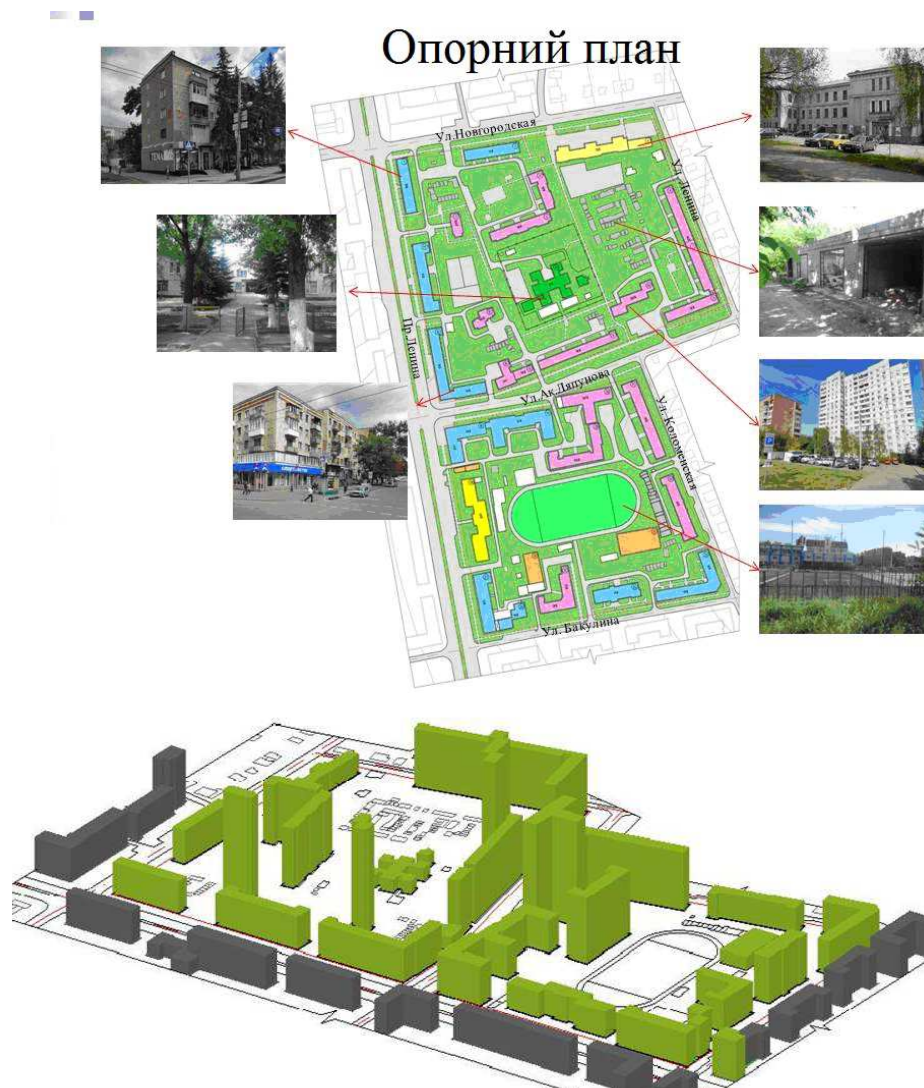


Рис. 3.5 – Наявний стан, допроектний аналіз

Комплексний благоустрій простору покрівель передбачає створення дитячих майданчиків, зон відпочинку, ландшафтний дизайн. Верхній поверх паркінгу перетворюється на центр дворового простору. Брукування доріжок – тротуарна плитка різних кольорів. Щоб піднятися на дах із боку житлових будинків, передбачають: зовнішні сходи, пандус для людей із обмеженими можливостями, підйомники. Ці елементи, виконані зі збірного залізобетону, надають будівлі об'ємного вигляду, ефекту легкості й динамічності (рис. 3.6).

За показниками організаційно-технологічного рішення (екстенсивне озеленення покрівель та комбінування прийнятого типу озеленення з установленням на дахах сонячних батарей) розроблено проектну документацію, прийнято сучасні методи виконання робіт. Під час виконання робіт використовується потоковий метод, ділянка поділяється на частки, застосовуються засоби механізації. Розробленню технологічної карти

передувало варіантне проектування. Це дало змогу скоротити терміни виконання робіт на 10–15 %, трудомісткість – близько 20 %.

Прийняте організаційно-технічне рішення має низку переваг, зокрема воно дає змогу поліпшити стан екології, об'єднати озеленені дахи з сонячними батареями, що відповідає одній із головних умов стійкого розвитку – взаємодії між екологією та економікою.

Проведений аналіз і запропоноване проектне рішення реконструкції території дає змогу дійти таких висновків:

- розгляд формування містобудівної екології як науки допоміг виявити етапи її становлення, головні завдання та підгалузі;
- запропоновано класифікацію прийомів містобудівної екології, розглянуто інновації екологічного будівництва, визначено їхню роль у поліпшенні екологічної обстановки та у формуванні комфортних умов проживання у великих містах.
- низка запропонованих екологічних заходів та інновацій позитивно впливає на економіку і соціум, сприяє поліпшенню екологічної ситуації на проєктованій території.



# ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН



## Фрагмент благоустрою



Рис. 3.6 – Проектні пропозиції

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ильин И. В. Механизмы повышения комфортности проживания населения крупных городов в условиях глобализации / И. В. Ильин, В. А. Ионцев, И. А. Кашуро, Н. М. Киктенко; под ред. И. В. Ильин. – М. : МГУ, 2011. – 38 с.
2. Григорьев В. А. Экологизация городов в мире, России, Сибири : аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Серия: Экология. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2001. – Вып. 63. – 150 с.
3. Электронный ресурс : <http://www.rmmt.ru/story/realty/363046.htm> [27 апреля 2013].
4. Новосельчук Н. Є. Принципи архітектурно-планувальної організації даху, що експлуатується / Н. Є. Новосельчук // Вісник ХДАДМ. – Х. : ХДАДМ, 2009. – Вип. 2. – С. 84–89.
5. Электронный ресурс : <http://build.novosibdom.ru/node/50> [27 апреля 2013].
6. Гайдай А. В. Гармонизация жизни в городе / А. В. Гайдай // The architect. SOLUTIONS решения. – 2011. – Вып. 1(32). – С. 45.

### 3.2 Методи використання території головних площ міст на прикладі площі Свободи в місті Харкові

Аналіз світового досвіду показав засвідчує широкий діапазон використання центральних площ великих міст. Деякі з методів наведено на рис. 3.6.

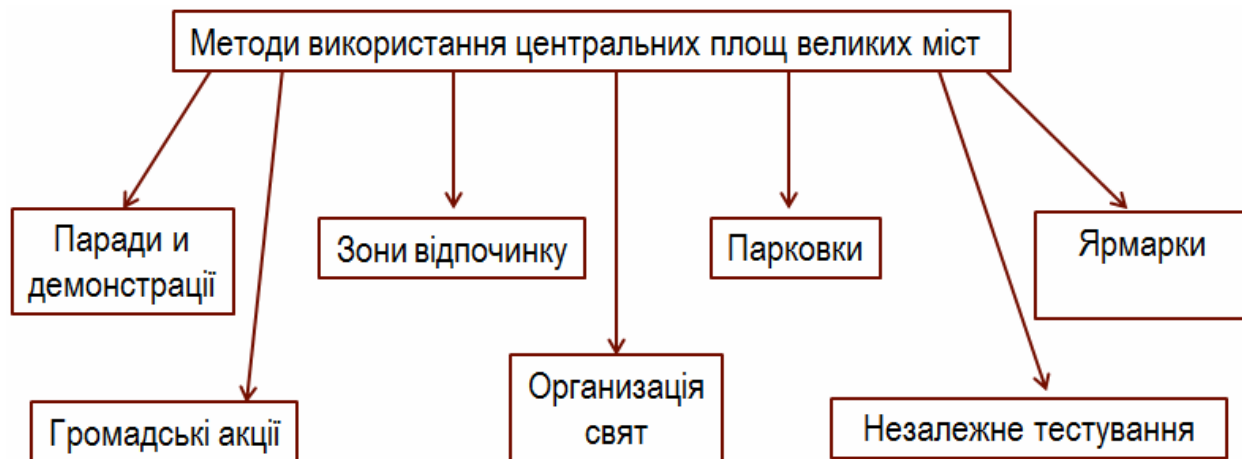


Рис. 3.6 – Методи використання центральних площ великих міст

Площі зазвичай використовують як зони відпочинку, проведення масових народних гулянь і громадських акцій. Узимку останнім часом на площах влаштовують виставки льодових скульптур, ковзанки, установлюють новорічні ялинки. У літній період площі використовують для проведення ярмарок як виставкові майданчики. У Брюсселі на центральній площі традиційно в серпні влаштовують квітковий килим, на якій з'їжджається безліч туристів з усього світу. Відомі приклади влаштування випускних балів. У Китаї на площі влаштовують незалежне тестування школярів.

Сьогодні різко загострилися проблеми розвитку мегаполісів, особливо такі як створення транспортних мереж і структури життєзабезпечення. Найбільш значущим для великих міст є нестача вільних територій. Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення цього завдання є освоєння підземного простору, формування якого – ефективний засіб і резерв для розвитку будь-якого міста. Особливістю освоєння підземного простору є комплексний характер цього процесу. Водночас вирішуються проблеми багатьох підсистем підземної інфраструктури мегаполісів (інженерні мережі та комунікації, транспортні мережі, метрополітен, підприємства торгівлі тощо), що сприяє розв'язанню нагальних завдань розвитку міст і захисту навколишнього середовища.

Функціональне використання підземного простору досить широке. На рис. 3.7 наведено кілька традиційних методів.



Рис. 3.7 – Використання підземного простору



У сучасному світі в центрі міста здебільшого зводять торговельно-розважальні об'єкти і об'єкти транспортної інфраструктури, зокрема тунелі, гаражі, лінії метрополітену, парковки, пересадкові вузли. Великі підземні громадські комплекси створені у Брюсселі, Будапешті, Мюнхені, у багатьох містах Північної Америки.

Найбільш відомим і показовим прикладом підземного будівництва на пострадянському просторі вже багато років залишається торгово-розважальний центр, розташований у центрі Москви на Манежній площі. Підземний розважальний комплекс під площею Повстання збудовано в Петербурзі. Розроблено масштабний проект підземного будівництва під Пушкінською площею в Москві. В Україні перше підземне місто збудовано в Києві, пізніше подібні споруди з'явилися і в багатьох інших містах.

На підставі аналізу прикладів вітчизняного та зарубіжного досвіду будівництва підземних об'єктів, а також схем комплексного використання підземного простору конкретних міст виявлені місця переважного розміщення підземних підприємств торговельно-побутового обслуговування в місті. Такими зонами варто вважати систему громадського центру міста, що містить центральне ядро міста, головні магістралі, центри планувальних районів, великі транспортні вузли. Ці зони є місцями концентрації «денного населення», обслуговування якого має бути максимально наближеним до місць перебування людей.

У зоні центрального ядра міста наявність цінної історико-архітектурної спадщини, цілісності містобудівних ансамблів минулого не дає змогу розвивати належним чином адміністративно-ділові, культурно-видовищні та торгові функції, а також розширювати вуличну мережу. У зв'язку з цим для організації та використання підземного простору в зоні центрального ядра міста має передбачатися відносно велика кількість підземних пішохідних переходів і площ порівняно з іншими зонами міста. Ця зона є місцем найбільш інтенсивного використання підземного простору для розміщення підприємств торгово-побутового обслуговування. Ці підприємства доцільно розташовувати:

- під центральними вулицями (у Києві – Хрещатик, у Белграді – проспект Маршала Тіто, у Токіо – Гінза);
- під площами та перетинами центральних вулиць (у Відні – площі Опери, Белларія, Бабенберга та Шоттентор);
- у системі громадсько-торгових центрів (у Стокгольмі – «Геторг-Сіті», у Філадельфії – «Пенн-центр», у Монреалі – «Даун-таун»).

У центрах міст можуть утворюватися досить розгалужені системи торгово-пішохідних зон, що містять підземні поверхи великих універмагів і торговельних центрів (у Монреалі, Токію, Осаці, Белграді та інших містах).

Із усіх видів торгово-побутового обслуговування для підземного розміщення, насамперед, можна рекомендувати підприємства торгівлі. Це пояснюється малими витратами часу споживачів і відносно невеликою кількістю обслуговуючого персоналу на цих підприємствах у порівнянні з великою кількістю покупців, як проходять за одиницю часу. Як свідчать обстеження, у великих універсальних магазинах на одну особу з обслуговуючого персоналу припадає до 100 покупців на день.

Водночас у торговельних підприємствах, розташованих поблизу пішохідного потоку на шляху руху потенційних споживачів, рівень товарообігу підвищується в 1,5–2,5 рази. Таким чином, у цих умовах на одного продавця пропорційно збільшується кількість покупців.

Майдан Свободи – центральна площа Харкова, шоста за величиною площа Європи та дванадцята у світі. Поряд із Майданом розміщений Сад Шевченка – міський парк у центрі Харкова. Наразі виникає потреба в інтенсивному освоєнні простору площі. Розвиток підземного простору дасть змогу зберегти унікальний зовнішній вигляд Майдану. Будівництво багатофункціонального комплексу створить додаткові можливості для економічного розвитку району та уможливить раціональне використання міських земельних ресурсів. Залучення підземного простору у великих і найбільших містах, хоча і є певною мірою вимушеним заходом, однак, як свідчить практика, забезпечує вирішення багатьох містобудівних і соціально-економічних питань, зокрема розвитку мережі торгово-побутового обслуговування.

Аналіз архітектурно-планувальної ситуації ділянки передбачає вивчення таких складників:

- характеру навіколишньої забудови;
- розміщення сусідніх житлових кварталів, дитячих закладів;
- шляхів пішохідного руху, які пов'язують усі елементи території;
- транспортне наземне обслуговування на території площі.

Розроблена схема транспортного руху (рис. 3.8) засвідчила гостру потребу у збільшенні паркувальних місць у межах центру міста.

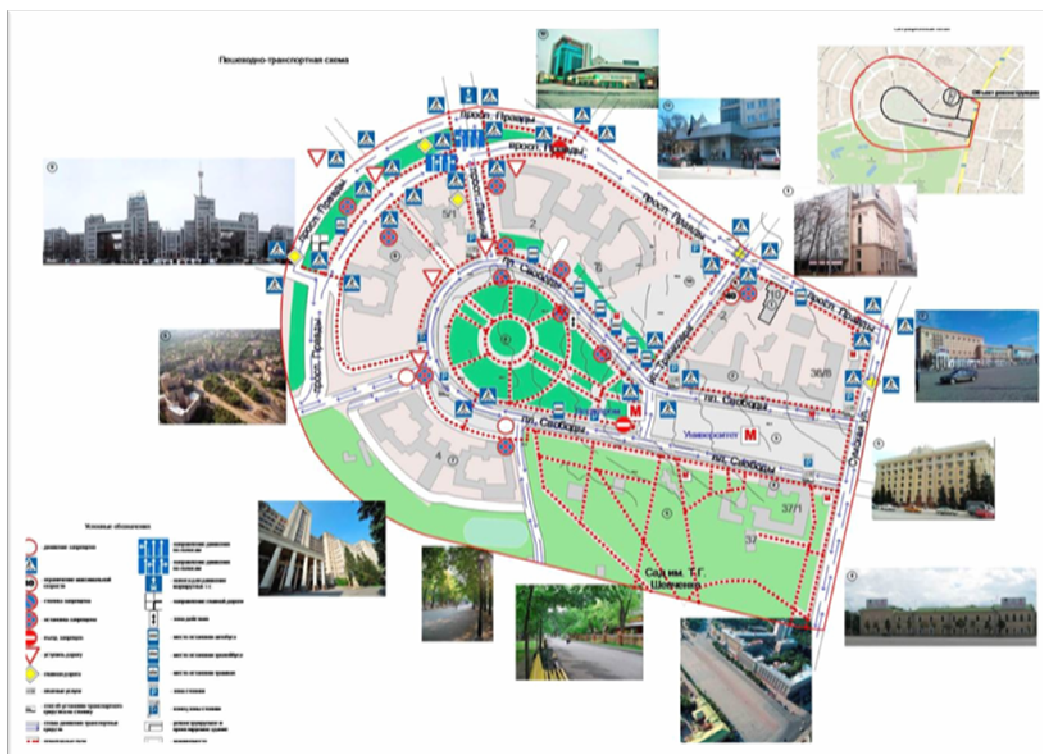


Рис. 3.8 – Схема руху транспорту територією площі

На сьогодні в позасвятковий час Майдан Свободи є порожньою. Із огляд на це прийнято рішення влаштувати на площі парковку з додатковими 756 машино-місцями, щоб розвантажити прилеглі вулицю Сумську та проспект Правди від автомобілів (рис. 3.9).

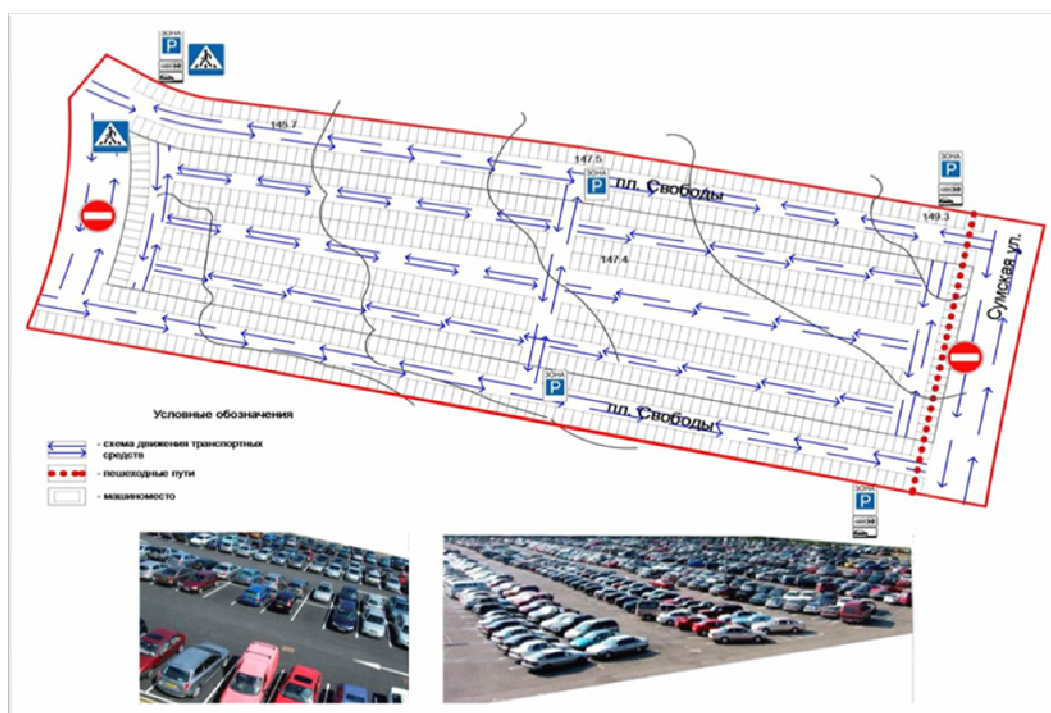


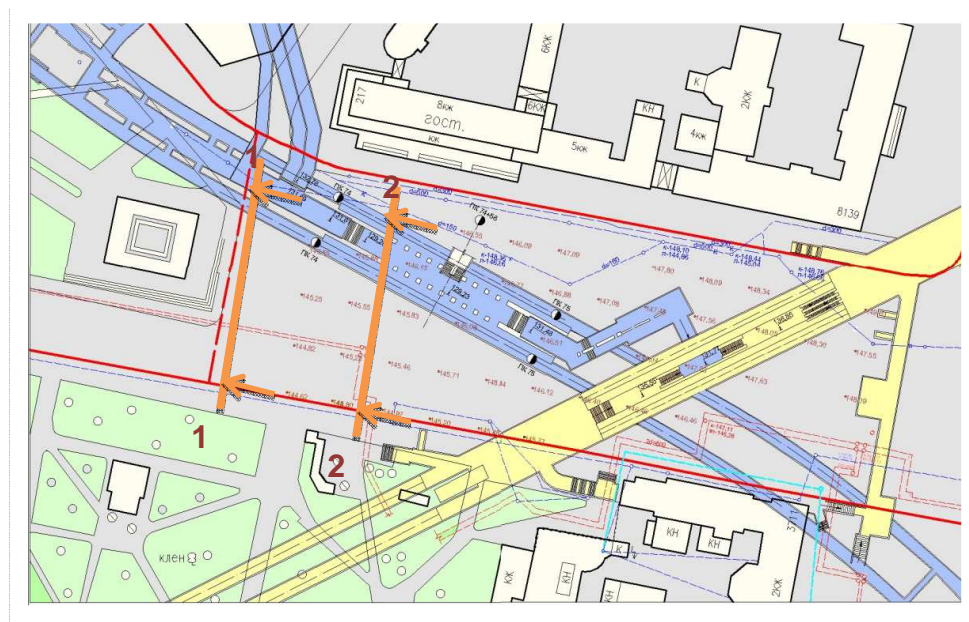
Рис. 3.9 – Схема парковки на площі

- сектор приватних підприємств;
- зона кафе-ресторанів;
- санітарно-побутові зони;
- місця відпочинку;
- зона підприємств областей України;
- зона підприємств Харківської області;
- містечко народних майстрів;
- пункт охорони правопорядку;
- ярмарок – торговельна зона;
- зона майстер-класів;
- зона сцен;
- етнографічна зона;
- прес-центр;
- ярмаркова площа (місце відпочинку);
- дитячий майданчик та ін.

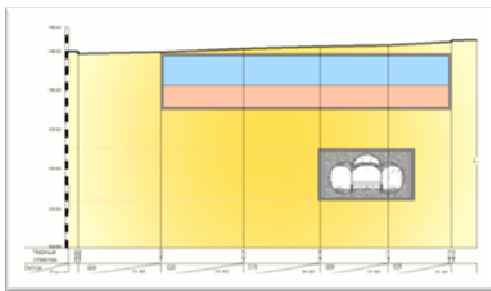


184

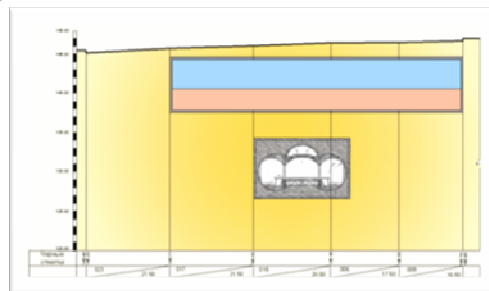
простіру було визначено, що будівництво можливе тільки над станцією «Держпром», де є 13, 5 м невикористаного підземного простору.



а)



б)



с)

Рис. 3.11 – Сучасний стан площі Свободи:  
а – план з лініями метрополітену; б – розріз 1; с – розріз 2

Запропонована така концепція освоєння підземного простору – прибудова підземного дворівневого багатофункціонального комплексу з паркінгом на нижньому рівні. Для природного освітлення влаштовані два атріуми: головний у вигляді сфери, а другорядний – прямокутної форми (рис. 3.12). Під в'їзди в підземний паркінг передбачається відвести крайні праві смуги руху вздовж площі для влаштування пандусів.



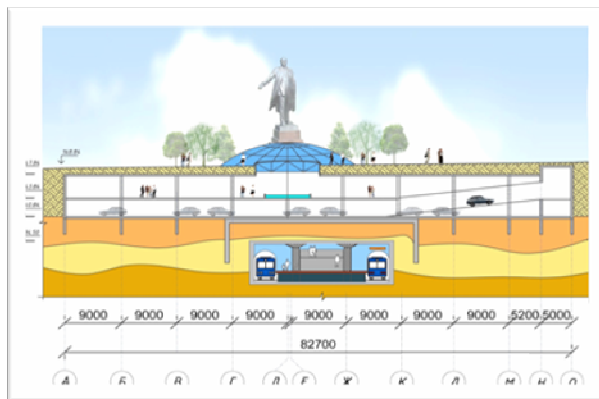
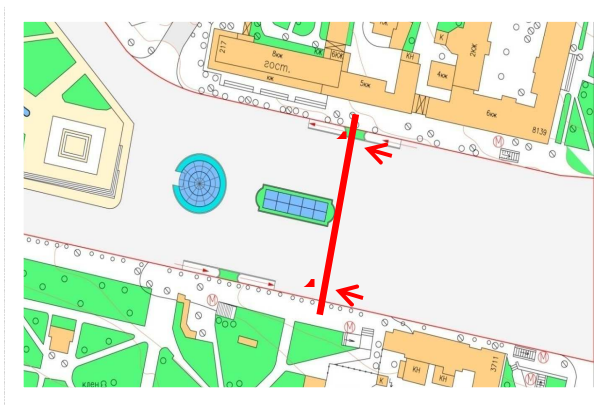


Рис. 3.12 – План і розріз за проектними пропозиціями

Перший підземний рівень комплексу виконує громадську функцію та містить об'єкти харчування, торгові зони, відділення банків, виставкову залу з фонтаном, адміністративні приміщення (рис. 3.13). Перший рівень комплексу буде пов'язаний зі станцією метрополітену «Університет», що дасть змогу пропускати пішохідний потік через торговий комплекс. Головний вхід розміщений на площі навпроти пам'ятника Леніну через головний атриум. Загальна площа поверху складає приблизно 10000 м<sup>2</sup>, зокрема торговельні павільйони – 5064 м<sup>2</sup>, виставкова зала – близько 1000 м<sup>2</sup>, адміністративні приміщення – 546 м<sup>2</sup>, кафе та ресторани – 1340 м<sup>2</sup>.

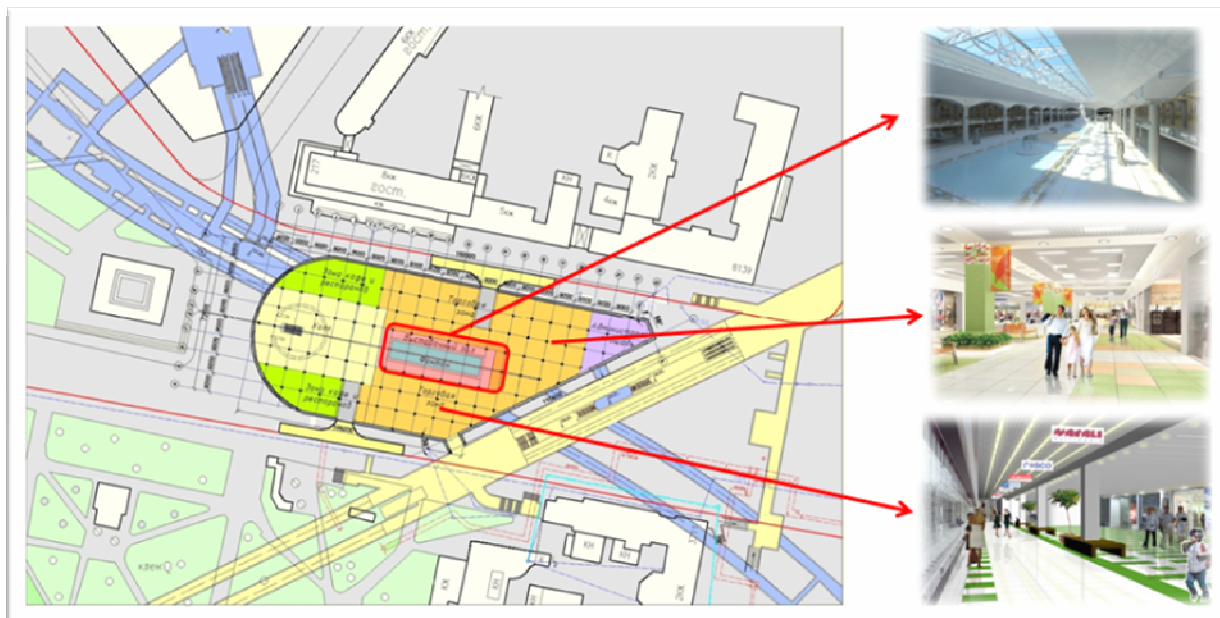


Рис. 3.13 – Торговельний центр

На другому рівні комплексу передбачається влаштування паркінгу на 228 машино-місць (рис. 3.14). Таке рішення дасть змогу забезпечити в межах

площі майже 1000 паркувальних місць, що істотно поліпшить екологічну ситуацію в центрі міста.

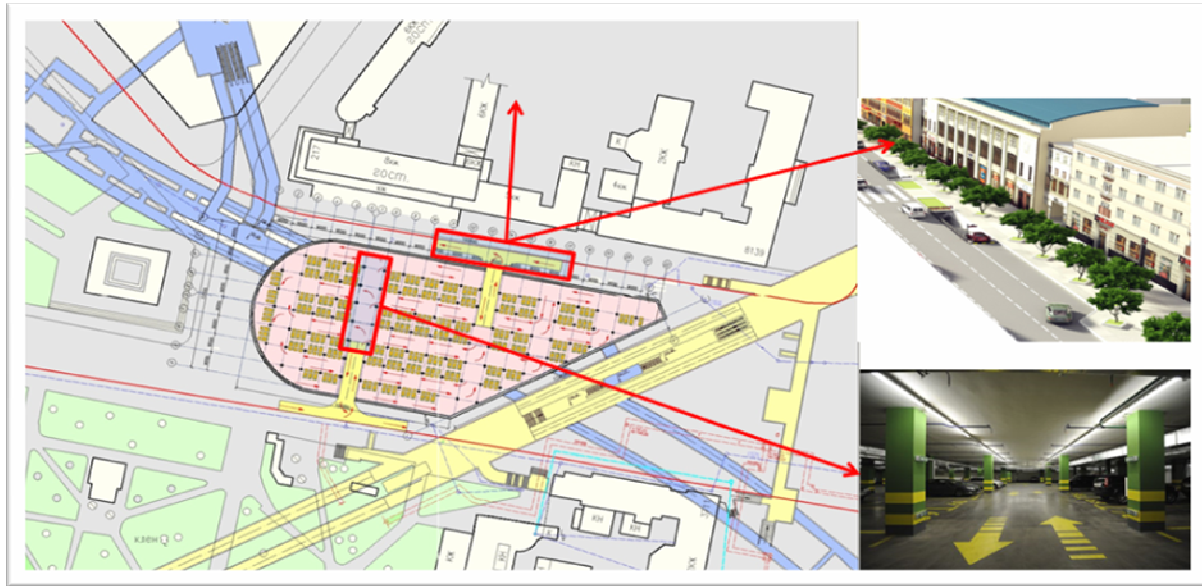


Рис. 3.14 – Паркінг

Упровадження цих рекомендацій надасть значний містобудівний ефект у різних аспектах архітектурно-планувальному, об'ємно-просторовому, естетичному, соціально-економічному, екологічному, інженерно-технічному через:

- організацію експлуатації площі в робочі та святкові дні, що може істотно підвищити рівень надходжень коштів до міського бюджету;
- забезпечення паркувальних місць, що значно скоротить дефіцит паркінгів у центрі міста;
- створення нового торговельного простору, що зможе використовуватися протягом усього року;
- зменшення енергоспоживання на опалення та вентиляцію підземних споруд (на 30–80 %) в порівнянні з аналогічними наземними об'єктами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гайдай А. В. Гармонизация жизни в городе / А. В. Гайдай // The architect. SOLUTIONS решения. – 2011. – Вып. 1(32). – С. 45.
2. Григорьев В. А. Экологизация городов в мире, России, Сибири : аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Серия: Экология. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2001. – Вып. 63. – 150 с.
3. Новосельчук Н. Є. Принципи архітектурно-планувальної організації даху, що експлуатується / Н. Є. Новосельчук // Вісник ХДАДМ. – Х. : ХДАДМ, 2009. – Вип. 2. – С. 84–89.

### **3.3 Формування та розвиток рекреаційних зон на прикладі багатofункціональних зон**

Наразі особливо гостро помітний брак рекреаційних зон нових видів активного відпочинку. Постає потреба створенні нового виду парку, у якому поєднуються екстремальні розваги, спортивна діяльність і сімейний відпочинок. У зв'язку з цим особливо актуальними є питання перспектив розвитку спеціалізованих об'єктів ландшафтної архітектури, які становлять об'єкти громадського призначення, що виконують одну провідну функцію (наприклад виставкову, спортивну або меморіальну) і дають населенню змогу обирати форми рекреації.

Маємо на меті проаналізувати фактори, що впливають на розвиток рекреаційних територій мегаполісів на прикладі багатofункціональних комплексів.

Досягнення поставленої мети передбачає розв'язання таких завдань:

- визначити передумови формування рекреаційних зон і проаналізувати їхню структуру;
- з'ясувати та дослідити головні завдання парків розваг;
- проаналізувати фактори, що впливають на формування планувальної структури парків розваг;
- розглянути етапи розроблення проекту парку розваг як інвестиційного проекту.

По суті, рекреація – це зона, яка містить усі види відпочинку (оздоровлення, екскурсії та туризм). На формування рекреаційних зон впливає безліч факторів (рис. 3.15), зокрема природно-естетичні, соціально-економічні, еколого-містобудівні, культурно-історичні, охорони здоров'я. Серед них особливе місце посідають соціально-економічні чинники, які умовно можна поділити на дві великі групи: ті, що породжують потребу в організації рекреаційної діяльності, і ті, що реалізують, тобто забезпечують можливість організації відпочинку [1].

Рекреаційна зона формується під впливом еколого-містобудівних факторів, до яких належать такі:

- містобудівні, пов'язані з реабілітацією територій промислових підприємств, що підлягають знесенню та диверсифікації, із підвищенням виразності архітектурних ансамблів, із укріпленням схилів ярів шляхом їхнього озеленення, із благоустроєм території ярів, із улаштуванням набережних та інших берегоукріплювальних споруд;



– екологічні, пов’язані з оптимізацією мікроклімату, із оздоровленням повітряного басейну, із оптимізацією мікроклімату житлових районів і міст загалом, із максимальним збереженням та відновленням зелених насаджень загального користування, із реабілітацією наявних і створенням нових великих міських парків, зі збільшенням рівня озеленення центральної частини міста через містобудівні перетворення території промислових підприємств, що підлягають ліквідації;

– рекреаційні, пов’язані з організацією сприятливого середовища для забезпечення щоденного короткочасного відпочинку населення, масового відпочинку населення міст, а також із організацією інфраструктури активного відпочинку та дозвілля.



Рис. 3.15 – Фактори, які впливають на формування рекреаційних зон

Сприятливими та потрібними умовами для розвитку рекреаційних зон є природні фактори, пам'ятки природи, пам'ятки археології та етнографії, пам'ятники архітектури, військово-історичні об'єкти (рис. 3.16).



Рис. 3.16 – Умови розвитку рекреаційних зон

Аналіз засвідчує, що на вибір того чи іншого місця відпочинку впливають природні фактори, такі як наявність водойм і лісів; мальовничих місць, тиша та спокій, зручне транспортне сполучення з будинком, можливість займатися улюбленою справою, наближення місця відпочинку до будинку (рис. 3.17).

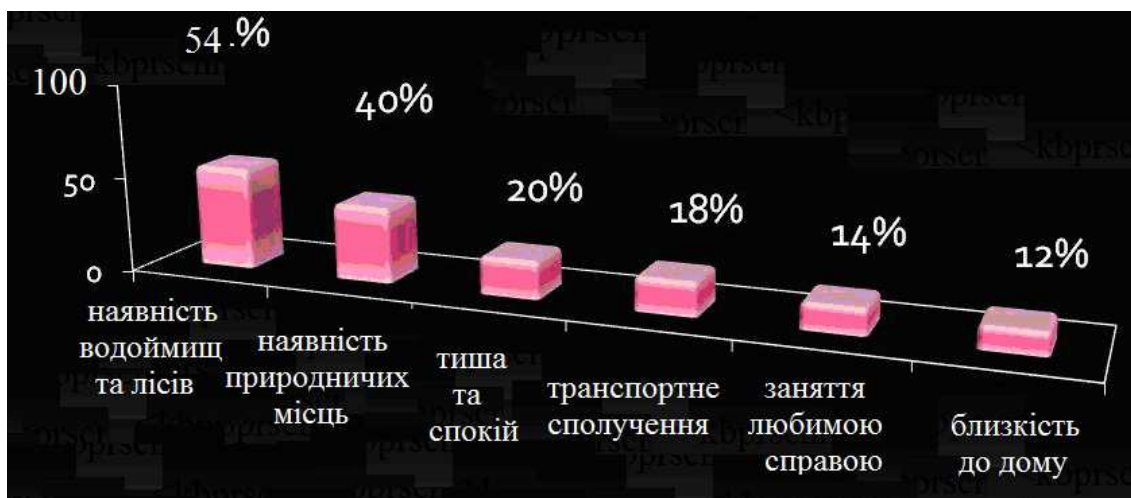


Рис. 3.17 – Принципи формування рекреаційних зон

Структура рекреаційних зон здебільшого складається з п'яти головних елементів: природні комплекси, культурні комплекси, органи управління, інженерні споруди, обслуговуючий персонал і відпочивальники. Рекреаційна

зона класифікується за 3 головними ознаками: територіальною, призначенням, напрямом діяльності [2].

Згідно з територіальною ознакою рекреаційні зони поділяються на пункти, вузли, райони, підрайони.

Відповідно до призначення рекреаційні зони поділяються за розташуванням на регіональні, загальнодержавні, міжнародні; за часом проведення рекреаційних заходів – на короткочасні та довготривалі; за ступенем віддалення від споживачів – наближені та віддалені.

Із огляду на напрям діяльності виділяють рекреаційні зони лікувального, оздоровчого, пізнавального та туристичного призначення.

Залежно від мети подорожі виділяють такі види туризму: активний, культурно-пізнавальний, лікувально-оздоровчий, спеціалізований. Активний туризм містить екстремальний і маршрутний. Прикладами екстремального туризму є: альпінізм, віндсерфінг, каякінг, сноубординг, бейс-джампінг. До видів маршрутного туризму належать пішохідний і транспортний туризм.

Видами культурно-пізнавального туризму є ностальгічний, походи, релігійний. Оздоровчий туризм буває організованим і неорганізованим. До спеціалізованого туризму належать: науковий (міжнародні з'їзди, симпозіуми, семінари), «шоп-тури», фестивальний, у складі якого виділяють національні та міжнародні ярмарки, спортивні змагання, спеціалізовані парки.

Спеціалізовані парки поділяють на такі:

- для відпочинку певних соціальних груп (ігрові парки для школярів, спортивні парки для студентів, парки тихого відпочинку та прогулянок для пенсіонерів);
- для проведення дозвілля з низьким коефіцієнтом переваги (парки-клуби за інтересами для: рибалок, тенісистів, велосипедистів тощо);
- для проведення дозвілля з високим коефіцієнтом переваги (парки для відпочинку на воді, лижних прогулянок тощо);
- для проведення унікальних видів відпочинку та розваг (зоопарки, парки пригод, аквапарки, парки розваг тощо).

Парк розваг (тематичний парк, парк атракціонів) – збірне поняття, що передбачає різні атракціони та інші види розваг на одній території. Це новий вид садово-паркових об'єктів, що змінив традиційні тематичні парки. В Україні він наразі перебуває в розвитку.

Початок історії індустрії розваг припадає на 1583 р., коли в Данії було побудовано перший стаціонарний парк атракціонів «Бакен». Артисти

розігрували в ньому вуличні вистави, розважаючи публіку. Потім почали будувати балагани та примітивні атракціони. 1970-ті рр. – ера тематичних парків, розпочата Disneyland (Анахейм, 1961 р.) і Walt Disney World (Орlando, 1972 р.). Відтоді у США з'явилося понад 100 тематичних парків. Деякі з них створені в містах, але більша частина мала вихід на кілька ринків: вони створювалися поблизу шосе, які з'єднували різні штати. Багато виявилися невдалими, не виправдовували очікувань або перебивали сімейний бюджет. Спостерігаючи за успіхом Walt Disney Company, фахівці намагалися відтворити її в меншому масштабі. Disneyland у Токіо мав успіх. Disneyland вартістю \$4,4 млрд відкрився в 1992 р. у 20 милях від Парижа. Він займає більш ніж 5000 акрів і дорівнює 1/5 Парижа [3, 4].

Головні завдання, які вирішують парки розваг, можна поділити на чотири групи: ідеологічне, територіальне, демографічне, управлінське.

Планувальна структура парків розваг залежить від рельєфу місцевості, наявності водойм, кліматичних умов, зручності транспортного сполучення (рис. 3.18).

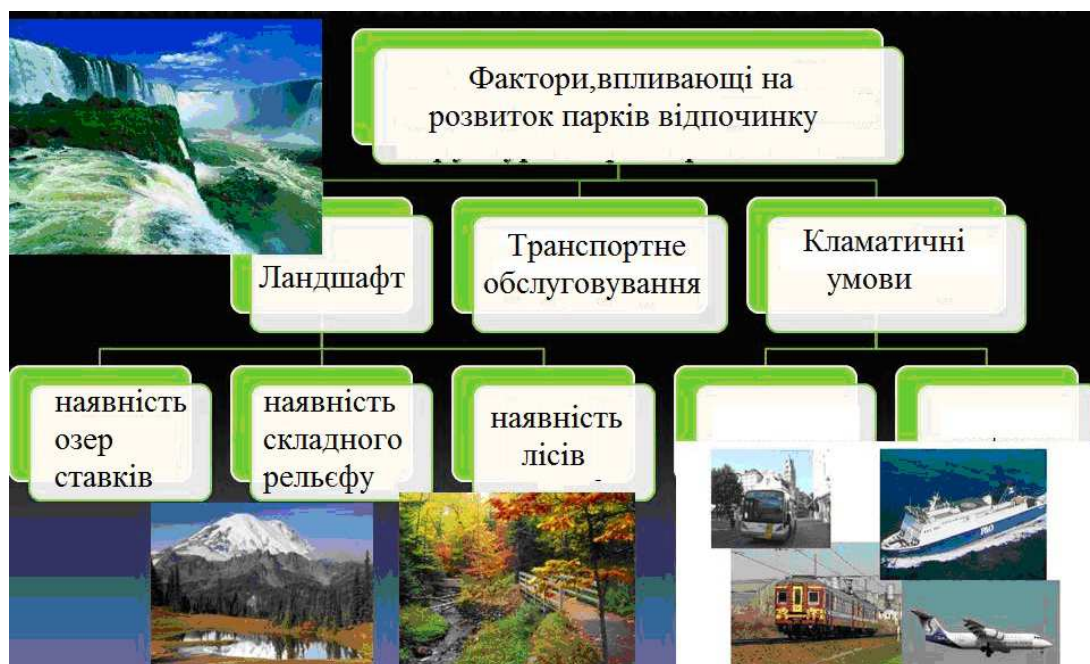


Рис. 3.18 – Фактори, які впливають на формування парків розваг

Розроблення проекту парку розваг можна поділити на три головних етапи, перший із яких містить:

- розроблення загальної концепції та головної стилістичної концепції парку розваг;
- підготовку бізнес-плану інвестиційного проекту;



– експертне оцінювання інвестиційного проекту.

Другий етап передбачає:

- проектування;
- будівництво парку розваг;
- комплектацію технологічним обладнанням і матеріалами.

Заключний етап:

- підготовки обслуговуючого персоналу;
- супроводу експлуатації парку розваг;
- технічного та сервісного обслуговування;
- співпраці зі страховими компаніями.

Парк розваг пропонуємо спроектувати в рекреаційній зоні Харківської області у Вовчанському районі. Проектована територія розташована за 75 км від м. Харкова, за 2 км від м. Синельникове.

Проектовану територію оточують змішані ліси, на ній наявні занедбані склади, зруйновані господарські будівлі та невеликі ставки. Площа проектового парку складає 150 га.

Дістатися території парку можливо особистим та громадським транспортом. Із Харкова – маршрутним таксі, рейсовими автобусами, що їдуть трасою Харків-Вовчанськ. Залізницею – до станції Вовчанськ і звідти автобусами малої вміщуваності до парку.

Проект передбачає таке функціональне зонування території парку: зона входів і автостоянок, житлова й торгова зони, екстремальна зона, сімейна зона, дитяча зона, господарська зона, зона відпочинку біля води, культурно-видовищна зона. Усі зони розраховані щодо загальної території парку (рис. 3.19).

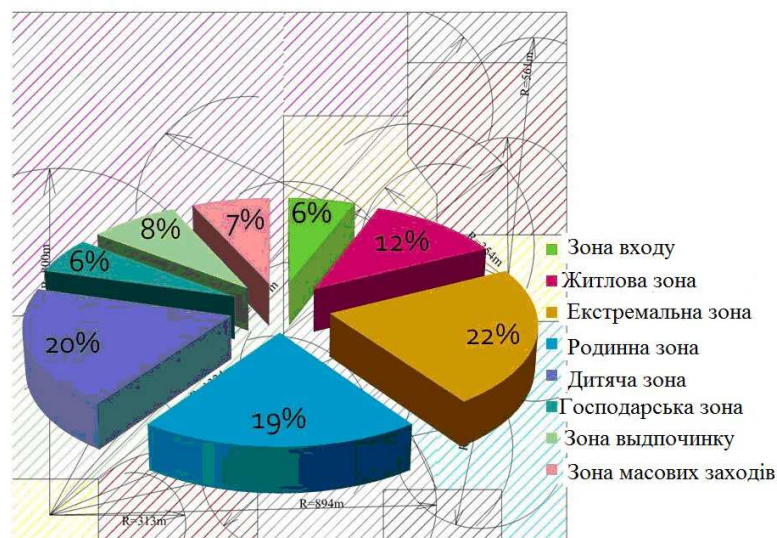


Рис. 3.19 – Функціональне зонування парку розваг

Згідно з проектом (рис. 3.20) головний вхід на територію парку має розташовуватися з боку Вовчанського шосе, другорядний – із боку м. Синельникове. Головний вхід оформлюється у стилі «Смарагдового міста», до якого веде жовта дорога. Поряд із головним входом пропонується обладнати механізований багаторівневий паркінг. Житлову зону варто поділити на дві зони, в одній із яких дорічно розмістити готельно-торговий комплекс. У другій житловій зоні доцільно звести котеджі підвищеної комфортності. Територію готельного комплексу – упорядкувати басейнами, майданчиками для відпочинку, спортивним майданчиками.

В екстремальній зоні мають розташовуватися різні атракціони, мотузковий парк, майданчик для пейнтболу, контактний зоопарк.

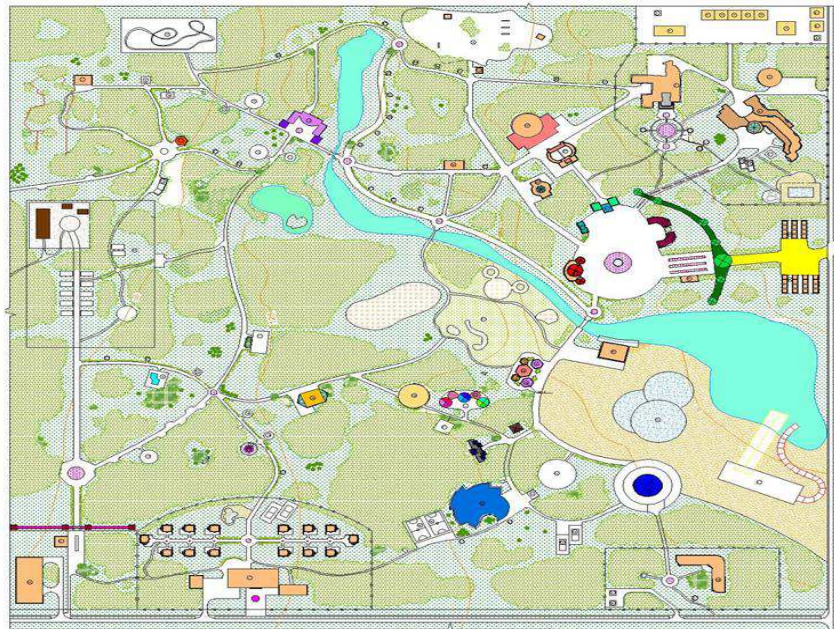


Рис. 3.20 – Генеральний план парку розваг

У родинній зоні варто розмістити атракціони, аквапарк, замок сміху, замок Коція, міні-гольф-клуб, спортивні майданчики, майданчики для відпочинку, критий ролердром.

У дитячій зоні дорічно розташувати дитячі атракціони, міні-ферми, поляни казок, спортивні майданчики.

Проектом має на меті змінити конфігурації та збільшення площі водойм, на березі яких має бути зона відпочинку, що містить пляжі, термальні басейни, човнову станцію, відкритий аквапарк.

У культурно-видовищній зоні варто розмістити льодову арену, амфітеатр, океанаріум, торгово-розважальні комплекси.

У господарській зоні мають розташовуватися адміністративні будівлі з готелем для персоналу та робочих парку, господарські споруди, гаражів для спеціального транспорту.

На всій території парку мають бути установи громадського харчування. Обладнання, малі архітектурні форми варто стилізувати під мотив слов'янських казок.

Озеленення території парку здійснюється декоративними деревами та чагарниками. В озелененні беруть участь листяні та хвойні породи дерев і чагарників, квітники.

В економічній частині проекту розраховано інвестиційну привабливість парку.

Довгострокове вкладання капіталу, або інвестування, – одна з можливостей отримання прибутку для власника. Інвестиційний проект – це обґрунтування економічної доцільності, обсягу та термінів здійснення прямих інвестицій у певний об'єкт, що містить проектно-кошторисну документацію, розроблену відповідно до діючих стандартів. Форми та зміст інвестиційних проектів можуть бути різними: від плану будівництва нового об'єкта до оцінювання доцільності придбання нерухомого майна.

Будівництво будь-якого об'єкта, зокрема парку розваг, потрібно починати з розроблення бізнес-плану, тобто інструмента розгляду великої кількості різних ситуацій, що дає змогу обрати найбільш перспективний і бажаний результат, визначати засоби його досягнення та контролю.

Парк розваг – складна інфраструктура, що містить атракціони, сцени за участі героїв народних казок тощо. Це новий вид відпочинку та розваг, досить масштабний проект високої категорії складності з високим рівнем вартісних показників будівництва й експлуатаційних витрат, тобто високорентабельний об'єкт, рентабельність якого безпосередньо пов'язана з застосуванням новітніх технічних, інформаційних, управлінських розробок, а також із високим професіоналізмом виконавців. Розроблена проектна та кошторисна документація щодо об'єкта може змінюватися й допрацьовуватися відповідно до затвердження і зміни проектних рішень окремих об'єктів.

Під час вибору проектних рішень, матеріалів, типів конструкцій, обладнання, а також під час прийняття технічних і технологічних рішень щодо улаштування будівельних і технологічних конструкцій, інженерних систем потрібно зважати на вимоги нормативних документів, інструкцій та рекомендацій щодо визначення окремих фізико-технічних характеристик

будівельних матеріалів і конструкцій, результати обстеження стану мікроклімату.

На сьогодні у світі налічується понад 600 парків розваг у США та більше 200 у Європі. Такі парки, крім атракціонів здебільшого містять комплекс комерційної нерухомості, яка з огляду на гарний центр тяжіння у вигляді атракціонів дає інвесторові достатній прибуток. Ці парки є значним джерелом доходів у мільйони доларів. Великий парк міжнародного рівня дає прибуток не лише інвестору, адже через збільшення туристичного потоку зростають доходи туроператорів і перевізників, міських готелів і торгових центрів, а також інших суміжних галузей, що водночас зі збільшенням кількості робочих місць та податкових надходжень чинить відчутний економічний ефект. Так, за даними журналу «Бізнес», лише США на рік такі парки відвідують близько 170 млн осіб. Водночас їхній сукупний дохід перевищує 1 млрд доларів на рік. У Росії функціє близько 700 парків атракціонів, які дають дохід трохи більше 3,5 млрд руб. Дохід європейського Disneyland за 12 місяців складає понад 50 млн євро. У зв'язку з цим замовник подібного парку може розраховувати на надання державою певних пільг, що, зі свого боку, може збільшувати інвестиційну привабливість проекту [5, 6].

Таким чином, сьогодні парки розваг – це містобудівний об'єкт, який шляхом правильного добору стилістичної концепції сучасної комплектації та кваліфікованого персоналу, може забезпечити навалу туристів і активізацію інвестицій в українську економіку. Щоб українські тематичні парки не були точною копією наявних зарубіжних, їхня структура має відповідати національним традиціям. Принциповою відмінністю українських парків від західних аналогів можуть бути сюжети українських, російських і білоруських казок, які можуть міститися в усіх атракціонах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багрова Л. А. Рекреационные ресурсы (подходы к анализу понятия) / Л. А. Багрова, Н. В. Багров, В. С. Преображенский // Известия АН СССР. – Серия: Географическая. – 1977. – № 2.
2. Веденин Ю. А. К изучению эволюции рекреационных функций территории / Ю. А. Веденин // Известия АН СССР. – Серия: Географическая. – 1977. – № 4.
5. Бланк И. А. Инвестиционный менеджмент / И. А. Бланк – К. : ИТЕМ, 1995. – 448с.



### **3.4 Транспортна система і вулично-магістральна мережа міста Харкова. Перспективи розвитку**

Розвиток довгострокових, безпечних і надійних транспортних зв'язків сучасного міста з транспортною системою країн Європейської Співдружності сьогодні визначають не тільки статус і конкурентоспроможність міста але й загальну комфортність проживання його мешканців.

Незважаючи на те, що головним показником якості роботи транспорту і його інфраструктури вважаються загальні витрати часу на поїздку, не слід забувати й про інші показники функціонування транспорту, за якими вітчизняна транспортна система, нажаль, не відповідає європейським стандартам. До них безумовно відносяться:

- рівень аварійності;
- рівень забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту;
- середня швидкість руху транспортного потоку;
- рентабельність роботи пасажирського транспорту.

В зв'язку з цим, головними цілями політики розвитку транспортної системи і вулично-магістральної мережі м. Харкова, мають бути наступні заходи:

- забезпечення ефективного сполучення з елементами міжнародних і державних транспортних коридорів, що дозволять у повній мірі реалізувати транзитний потенціал міста (як транзитної зони, що поєднує Кавказ і Центральну Азію з Західною Європою);
- поліпшення міжміських зв'язків;
- розвиток екологічно безпечних видів транспорту;
- розвиток скоординованої мультимодальної транспортної системи, яка б дозволила мешканцям міста комфортно користуватись всіми видами транспорту: пішохідним, велосипедним, приватними автомобілями та громадським пасажирським транспортом;
- максимальний розподіл транспортних й пішохідних потоків у часі і просторі;
- ефективне використання існуючих об'єктів транспортної інфраструктури;
- зменшення поїздок індивідуальним автотранспортом за рахунок збільшення використання громадського транспорту, що дозволить у 2-3 рази підвищити ефективність використання вулично-дорожньої мережі (ВДМ).

Враховуючи вищенаведене, спеціалістами кафедр міського господарства, міського електричного транспорту та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова було проведено аналіз основних тенденцій і перспектив розвитку транспортної системи в м. Харкові, а також розроблено цілу низку проектних пропозицій.

Згідно з виконаним аналізом, основною причиною складної транспортної ситуації в місті є диспропорція між рівнем автомобілізації і щільністю ВДМ. У порівнянні з 1991 значення рівня автомобілізації у Харкові зросло в 2,5 разів і становить близько 173 авт /1000 мешк.

Існуюча транспортна інфраструктура м Харкова була побудована для рівня автомобілізації 60 автомобілів на 1000 мешканців і сьогодні вже не відповідає загальноєвропейським вимогам. До очевидних наслідків такої «спадщини» можна віднести: малу питому щільність магістральних вулиць і нерозвиненість мережі вулиць місцевого значення; низьку пропускну здатність вулиць і перехрещень; змішаність потоків міського пасажирського, легкового і вантажного транспорту; регулювання руху застарілими методами і технічними засобами; відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху; практичну відсутність системи паркувань у місті і відсутність спеціалізованих доріг для руху вантажних автомобілів.

Аналіз щільності ВДМ найкрупніших міст світу і Європи в порівнянні з містами України показав (рис. 3.21 та табл. 3.1), що за кількістю доріг Харків відстає від Європейських міст у чотири рази.

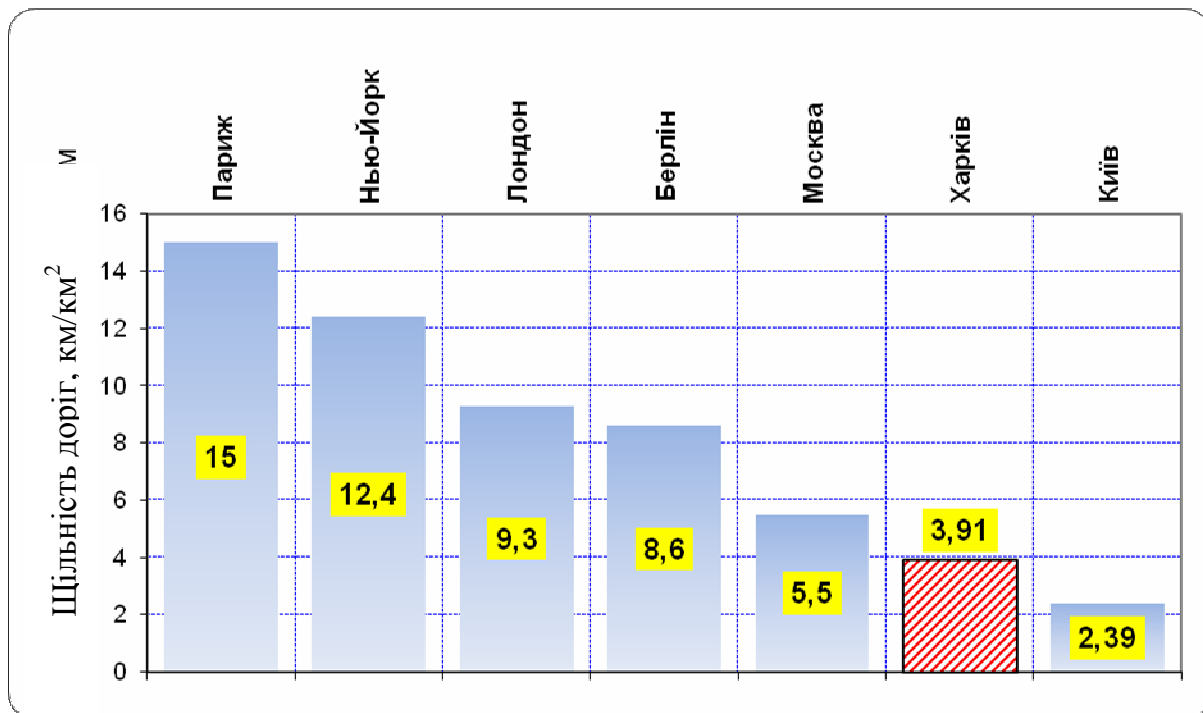


Рис. 3.21 – Щільність автомобільних доріг у містах, км/км<sup>2</sup>

Таблиця 3.1 – Питома вага частки ВДМ у загальній площі міста

Місто	Частка доріг у загальній площі міста, %
Харків	3
Москва	7
Мадрид	17
Лондон	20
Нью-Йорк	20

Не зважаючи на те, що в м. Харкові за останні 20 років було побудовано дорогу через парк ім. Горького та розширено декілька вулиць (пр. Леніна, вул. Шевченко, вул. Римарська, Салтівське шосе, частково пр-т Московський і пр. Гагаріна та ін.), сьогодні недостатньо збільшувати ширину проїзної частини існуючих доріг і будувати окремі нові транспортні зв'язки.

Нині в місті необхідно реалізувати цілу низку заходів і ініціатив, до яких слід віднести:

1. Ключові ініціативи стосовно транспортних розв'язок у різних рівнях.

Оскільки Харків загалом має радіально-кільцеву схему магістральних вулиць, більшість основних вулиць перетинають центр міста. Як результат, центр міста наповнений транзитним транспортом, зосередженим на основних радіальних магістралях міста: вул. Клочківській, пр. Гагаріна,

пр. Московському, вул. Полтавський шлях, вул. Сумській та вул. Пушкінській. Окрім того, рух транспорту значно уповільнюється на складних транспортних перехрещеннях в одному рівні.

Таблиця 3.2 – Перелік першочергових транспортних розв’язок у різних рівнях, будівництво яких слід передбачити у м. Харкові

№ п/п	Найменування перехрещення
1	2
<i>Перша черга згідно Генерального плану</i>	
1.	вул. Академіка Павлова пр. 50-ти річчя СРСР
2.	вул. Проектна, 8 – Проектна, 17
3.	вул. Шевченка – вул. Бажанова
4.	пр. Московський – Червоношкільна набережна
5.	пр. Гагаріна – Червоношкільна набережна
6.	вул. Клочківська – Червоношкільна набережна
<i>Додаткові попозиції до Першої черги Генерального плану</i>	
7.	вул. Клочківська – спуск Пассіонарі
8.	вул. Полтавський шлях – вул. Елізарова
9.	пр. Гагаріна – пр. 50-ти річчя СРСР
10.	пр. Гагаріна – вул. Польова
11.	пр. Московський – вул. Академіка Павлова
12.	вул. Шевченка – вул. Матюшенко
13.	вул. Весніна – вул. Пушкінська
14.	Салтівське шосе – вул. Академіка Павлова

Для того, щоб розв’язати цю проблему, а також з метою формування мережі магістральних вулиць безперервного руху Генеральним планом намічено будівництво транспортних розв’язок в різних рівнях в кількості 41 одиниці, 7 з яких розташовані на кільцевій дорозі.

В першу чергу передбачається будівництво шести транспортних розв’язок в різних рівнях, що наведені в таблиці 3.2, але для досягнення максимального ефекту слід також побудувати транспортні розв’язки в різних рівнях в усіх головних проблемних вузлах, до яких в безумовно відносяться й наступні перехрещення (див. таблицю 3.2).

## Приклад можливої транспортної розв'язки у трьох рівнях на перехрестенні вул. Клочківської і спуску Пасіонарії

Розв'язка призначена для підвищення практично вичерпаної пропускної спроможності перехрестя. Вона пропонує перші два рівні для руху автомобільного транспорту (зокрема, другий рівень, для лівоповоротних потоків), а третій рівень – виключно для трамвайного руху. Також передбачається спорудження підземних пішохідних переходів (див. рис. 3.22).

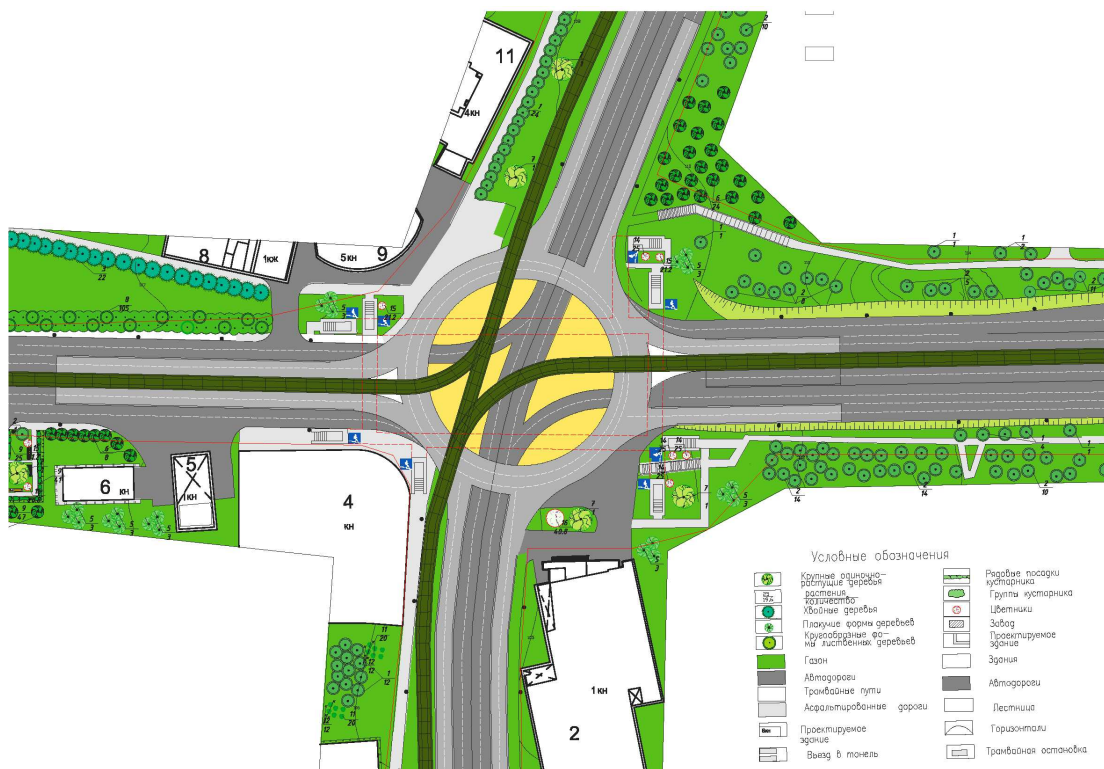


Рис. 3.22 – Транспортна розв'язка на перехрестенні  
вул. Клочківської і спуску Пасіонарії

## Приклад можливої транспортної розв'язки в двох рівнях на перехрещенні вул. Клочківської і пробивки вул. Скрипника

Пробивку вул. Скрипника пропонується виконати у вигляді естакади в напрямку вул. Котлова і пров. Лосєвського. Пробивка має довжину 1375 м, з яких 225 м – наземна частина. Вона скорочує шлях в напрямку вул. Клочківської. Генеральний план пробивки зображено на рис. 3.23.



Рис. 3.23 – Генеральний план реконструкції території в районі перехрещення вул. Клочківської і пробивки вул. Скрипника



На вулиці Клочківській також пропонується спорудження підземного тунелю для пропуску транзитних транспортних потоків. Візуалізація пробивки зображена на рис. 3.24.



Рис. 3.24 – Візуалізація транспортної розв’язки в двох рівнях на перехрещенні вул. Клочківської і пробивки вул. Скрипника

**Приклад петлеподібної транспортної розв’язки в двох рівнях у районі перехрещення пр. Гагаріна з вул. Державинською**

Спорудження цієї розв’язки необхідне у зв’язку зі зміною червоних ліній в районі виходів перспективної станції метро «Державинська» зі зносом малоповерхової забудови. Розв’язка дозволяє без затримок здійснювати ліві повороти у напрямках, що зображені на рис. 3.25. Проектом передбачене спорудження двох естакад довжиною 450 м та 530 м .



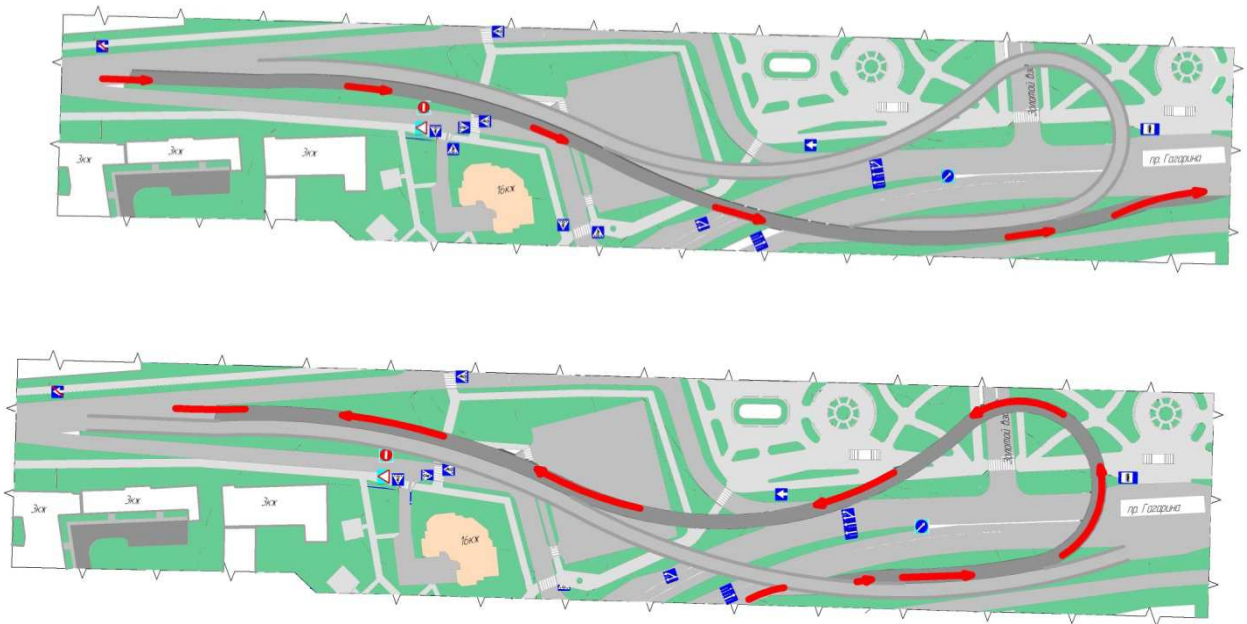


Рис. 3.25 – Організація «лівих» поворотів на транспортній розв'язці в районі перехрещення пр. Гагаріна з вул. Державинською

### Ключові ініціативи стосовно стоянок і гаражів

Згідно з Генеральним планом загальна розрахункова кількість автотранспортних засобів по місту Харкову у 2026 р. складе – 420 тис. автомобілів (у тому числі індивідуальних – 350 тис.).

Подальше вдосконалення системи обслуговування міста потребує визначення об'ємів необхідної кількості місць постійного зберігання приватного автотранспорту. Виходячи з територіального розвитку міста і розміщення садибної забудови, кількість місць повинна бути визначена за адміністративними районами міста.

Таким чином, із загальної кількості приватного легкового автотранспорту (350 тис. автомобілів) на відповідних територіях повинно розміщуватись:

- 47,6 тис. маш.-місць у садибній забудові,
- 302,4 маш.-місць для тривалого зберігання (гаражі, стоянки, паркінги).

Враховуючи існуючу забезпеченість (95,3 тис. маш.-місць), загальна потреба в місцях зберігання автомобілів становитиме 207,1 тис. маш.-місць (див. таблицю 3.3).

У зв'язку зі значною вартістю землі та великим дефіцитом вільних територій, Генеральним планом передбачено будівництво багатоповерхових гаражних комплексів, передусім в центральній частині міста.

Таблиця 3.3 – Необхідна кількість місць постійного зберігання автотранспорту  
(тис. маш.-місць)

№ п/п	Адміністративний район міста	Існуюча кількість (маш.-місць)	Розміщено на тер. садибної забудови (маш.-місць)	Розрахункова потреба (маш.-місць)
1	Дзержинський	15,7	3,1	46,9
2	Жовтневий	3,0	6,5	27,3
3	Київський	19,0	2,4	43,8
4	Комінтернівський	13,6	6,8	32,9
5	Ленінський	2,3	3,1	21,7
6	Московський	16,6	8,9	79,5
7	Орджонікідзевський	13,1	5,1	40,6
8	Червонозаводський	3,8	5,0	31,5
9	Фрунзенський	8,2	6,7	25,8
	Всього	95,3	47,6	350,0

Найбільш раціональним для м. Харкова є застосування багаторівневих механізованих і автоматизованих паркінгів, оскільки вони потребують набагато меншої площі забудови, ніж усі інші типи багатоповерхових гаражних комплексів.

Також мають бути зарезервовані території для гаражного будівництва в Салтівському житлмасиві.

В обмежених умовах реконструкції, при зміні функціонального використання землі слід передбачити розміщення багаторівневих автостоянок і паркінгів.

Місця можливого розташування паркінгів зображені на рис. 3.26.

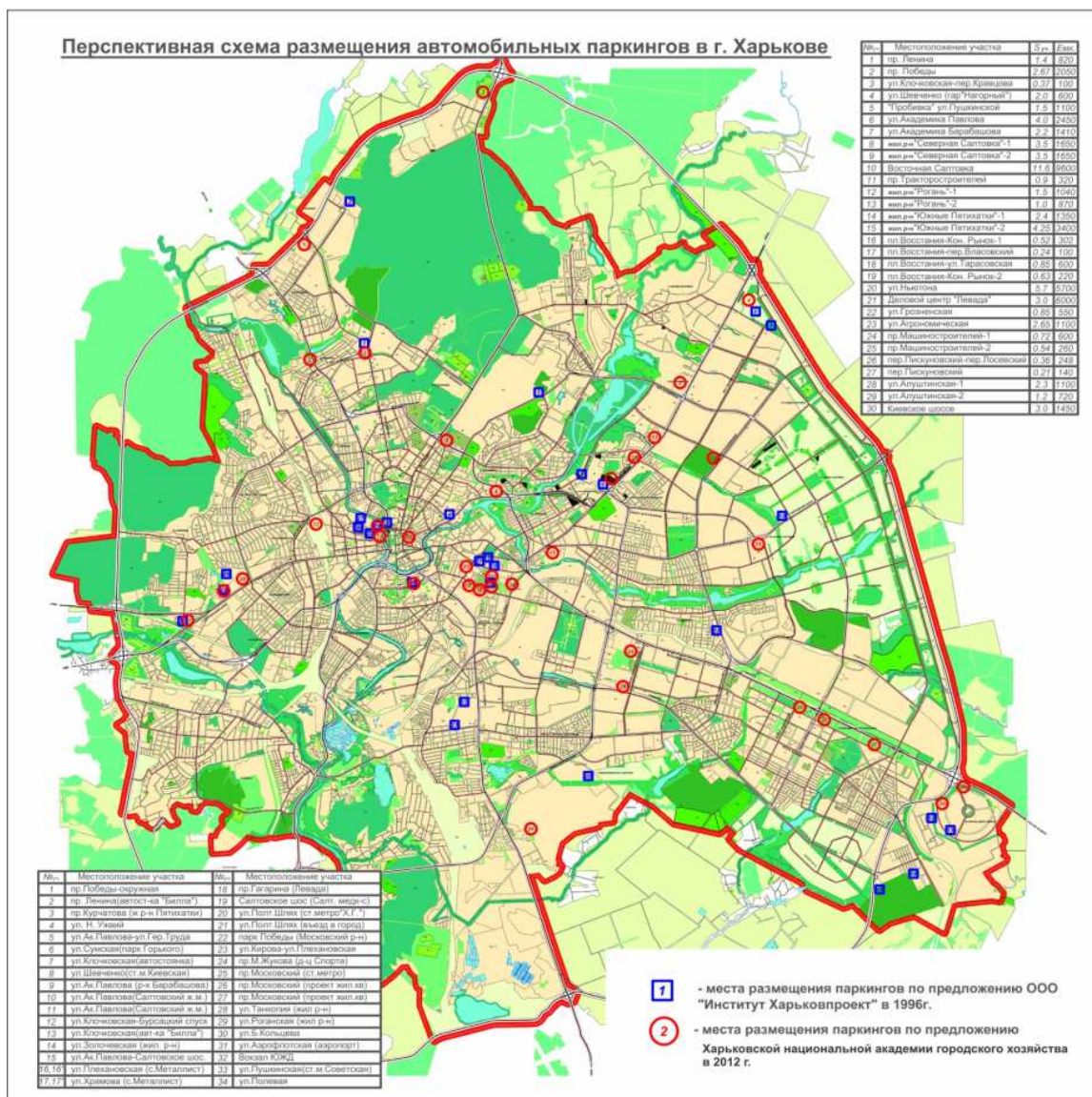


Рис. 3.26 – Перспективна схема розміщення автомобільних паркінгів

## Впорядкування дорожнього руху в центральній частині Харкова

З метою підвищення пропускної спроможності вул. Весніна на ділянці з ускладненим рухом від вул. Пушкінської до пл. Першого Травня пропонується реконструкція проїзної частини за рахунок заміни повітряної лінії електропередач 110 кВ по вул. Весніна на підземну кабельну. Реконструйовану таким чином вулицю Весніна слід розглядати як першочерговий фрагмент майбутнього контура магістралей безперервного руху навколо центру.

У центральній частині Харкова запропоновано сформувати систему вулиць одностороннього руху з простою логікою чергування напрямів, зрозумілою як гостям, так і жителям міста (див. рис. 3.27).



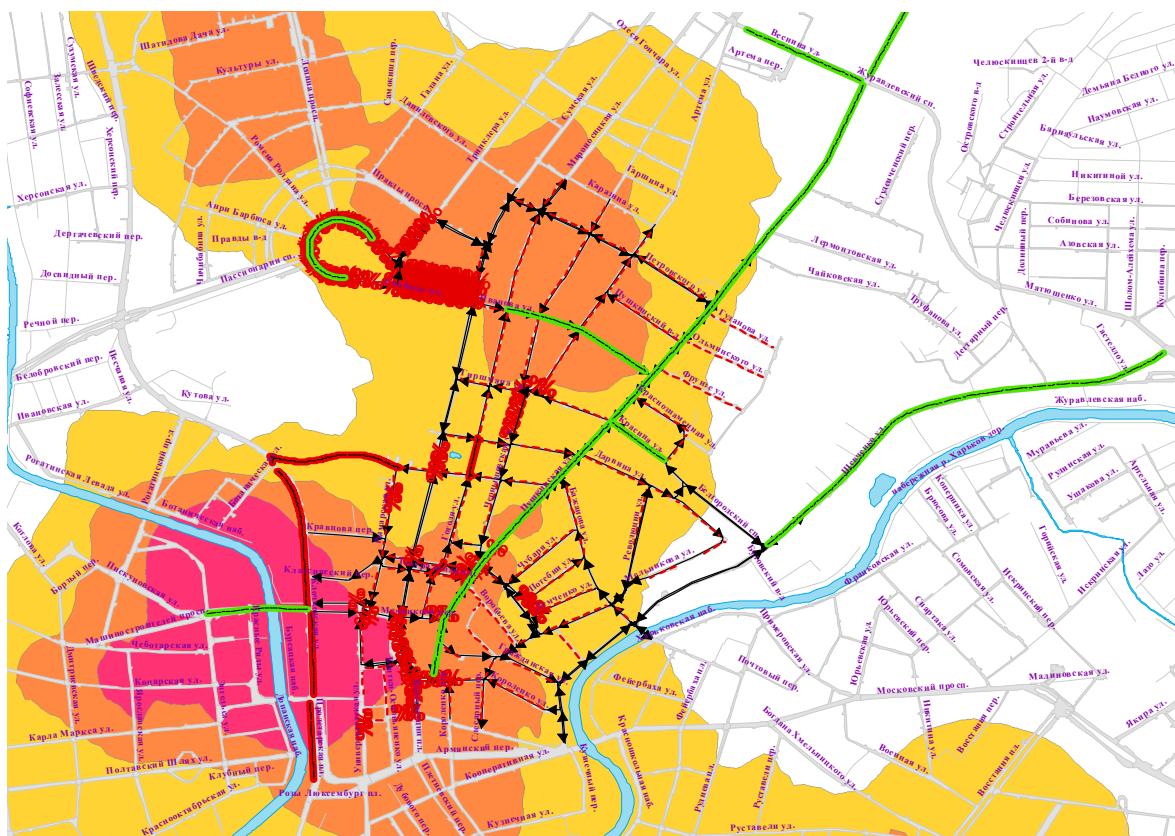


Рис. 3.27 – Пропозиції по організації одностороннього руху в центральній частині м. Харкова

Не зважаючи на те, що запропоновані заходи призведуть до певного перепробегу транспорту, проте, це дозволить вирішити головне завдання - поліпшення умов і підвищення безпеки руху в центральній частині Харкова, що, у свою чергу, дозволить запобігти серйозним заторам і збільшити середню швидкість руху.

### **Першочергові заходи з реконструкції вулично-дорожньої мережі**

Збільшення радіусів повороту на перехрестях.

Для збільшення швидкості транспортного потоку пропонується збільшити радіуси повороту на наступних перехрестях:

- вул. Мельникова – пер. Воробьева;
- вул. Сумська – вул. Совнаркомівська;
- вул. Чернишевська – вул. Скрипника;
- вул. Скрипника – вул. Гоголя;
- пер. Театральний – вул. Потебні;
- пер. Синельникова – Білгородський спуск;
- вул. Дарвіна – пров. Синельникова;
- вул. Дарвіна – вул. Революції;

вул. Шевченка – Білгородський спуск.

Облаштування "кишень" для паркування.

Відповідно до запропонованої схеми організації дорожнього руху пропонується обов'язкове влаштування "кишень" для паркування транспортних засобів і погодження проектних рішень з Департаментом транспорту і зв'язку, Департаментом містобудування, архітектури і земельних стосунків, а також ДАІ.

### **Ключові ініціативи стосовно системи пасажирського транспорту**

Використання залізничних ліній для внутрішньоміських пасажирських перевезень.

Пропонується можливість поліпшення пасажироперевезень шляхом використання «міської електрички» поряд з традиційними видами громадського транспорту, що дозволить сформувати зручну єдину транспортну мережу.

У Харкові можна виділити шість наявних радіальних напрямків, які можуть бути використані для внутрішньоміських пасажироперевезень:

Івановське (кінцева станція – "Приміська");

Роганское (кінцева станція – "Рогань");

Основя'нське (кінцева станція – "Основа" з тунельним відгалуженням до Міжнародного аеропорту "Харків");

Карачівське (кінцева станція – "Науковий");

Ново-баварське (кінцева станція – "Хвилинка");

Залютинське (кінцева станція – "Залютино" з продовженням до авторинку "Лоск").

Оскільки ці лінії є електрифікованими, то саме на них можлива організація регулярного пасажирського руху (див. рис. 3.28).

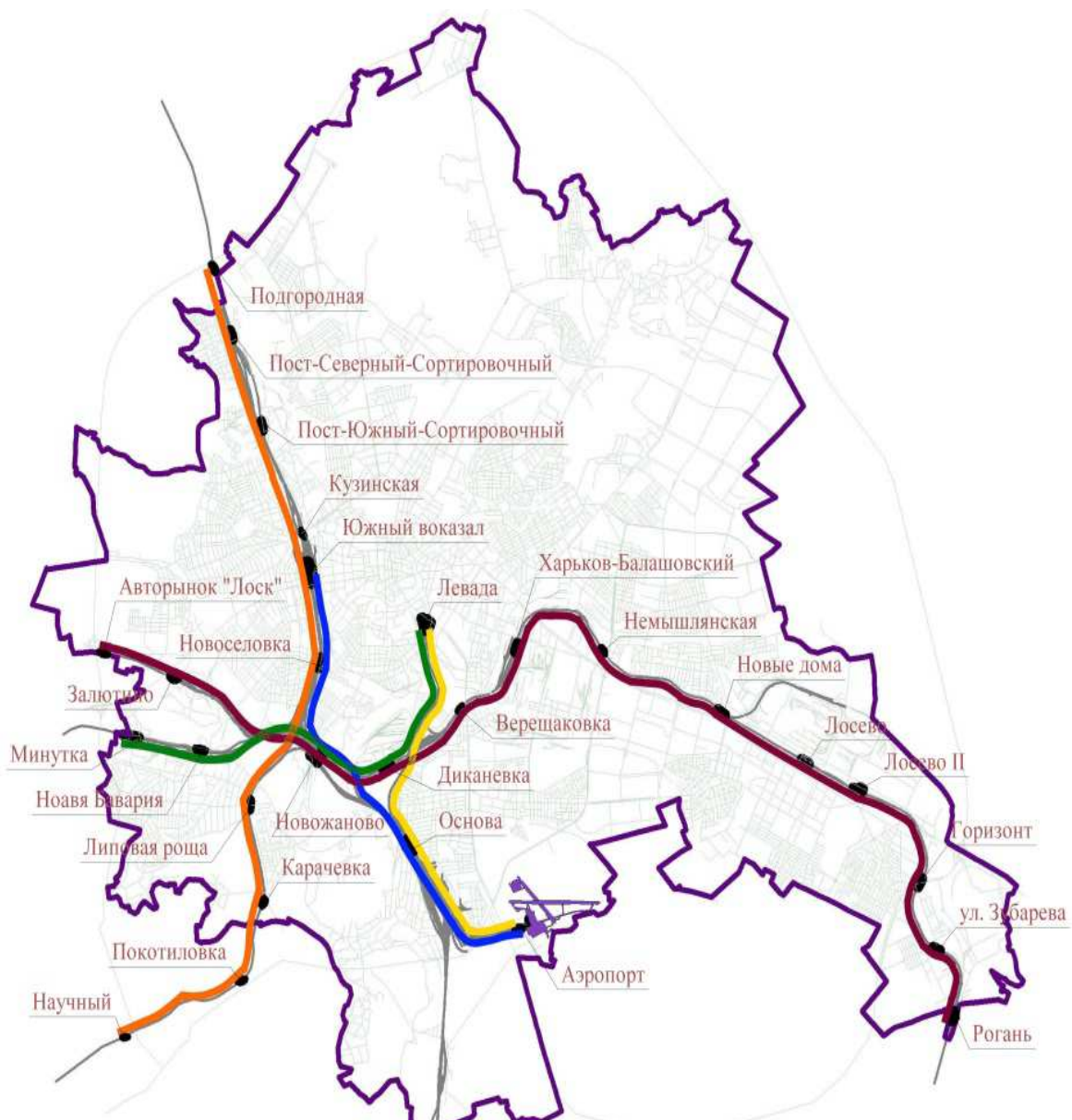


Рис. 3.28 – Варіант маршрутизації «міської електрички»

Продовження лінії трамвая до житлового масиву «Горизонт» в Орджонікідзевському районі

Нині проводяться пошукові роботи з метою застосування ГІС-технологій до варіантного проектування схеми громадського пасажирського транспорту.

Як приклад розглядається район м. Харкова, розташований в периферійній частині Південно-східного планувального напрямку (на південний схід від парку "Зелений Гай"). У цьому районі розміщені підприємства Орджонікідзевської промзони і Роганського промвузла, а також житлові райони багатоквартирної забудови (Роганський житлмасив, мікрорайони "Горизонт", "П'ятихатки") і садибної забудови (Східний).

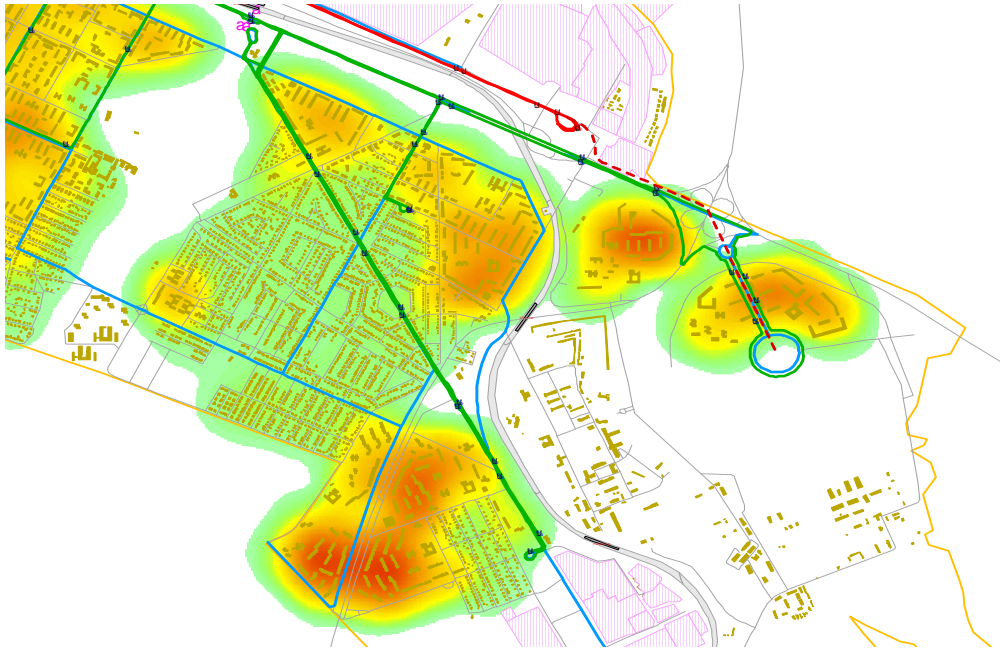


Рис. 3.29 – Схема громадського пасажирського транспорту у східній частині  
Орджонікідзевського району

--лінія трамвая; — - лінія тролейбуса; — - лінія автобуса/мікроавтобуса

При можливому подальшому розвитку житлового масиву "Горизонт" представляється вкрай доцільним продовження трамвайної лінії від наявної кінцевої станції "Південно-східна" (по просп. Московському, бульвару С. Грицевця) до діючої кінцевої тролейбусної зупинки «Мікрорайон "Горизонт"», що забезпечить необхідний зв'язок цього перспективного житлмасива не лише з Орджонікідзевською промзоною, а також і з Салтівським житловим масивом та Немишлянським житловим районом (за хордовим напрямком).

Окрім наведених пропозицій спеціалістами ХНУМГ було запропоновано механізм впровадження пропозицій шляхом:

- розроблення «Концепції перспективного розвитку транспортної системи міста Харкова і Харківської агломерації», «Програми розвитку та реконструкції ВДМ і транспортних споруд м. Харкова на період до 2030 р.», інших програмних і правових документів довгострокової дії;
- організація обстежень і моніторингу транспортно-пішохідного навантаження на ВДМ;
- розроблення програм черговості реконструкції та розвитку ВДМ;
- запровадження зобов'язань щодо спорудження стоянок або паркінгів для кожного забудовника;



- запровадження зобов'язань щодо влаштування велосипедних паркувань для кожного підприємства, організації та установи;
- впровадження сучасних комп'ютерних технологій у проектування вулиць та доріг;
- організація підготовки інженерів зі спеціалізації «Міські вулиці та дороги» на базі кафедри містобудування ХНАМГ;
- вдосконалення технології та організації будівництва вулиць і доріг, транспортних споруд в напрямку підвищення якості дорожніх покриттів з метою скорочення строків і здешевлення будівництва;
- забезпечення економічного механізму впливу на ефективність функціонування громадського транспорту з боку місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування;
- проголошення мораторію на ліквідацію ліній екологічно безпечного міського електротранспорту на період до 2015 р.;
- виконання вимог чинного законодавства щодо усунення невиправданого дублювання приватними автоперевізниками маршрутів (ліній) міського електротранспорту.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О.С. Безлюбченко, С.М. Гордієнко, О.В.Завальний. Планування міст та транспорт. Навч. посібник. -Харків: ХНАМГ, 2008. – 138 с.
2. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М.:Транспорт, 1981. – 592 с.
3. Аксенов И. Я. Единая транспортная система: Учебник для вузов / И. Я. Аксенов. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.

## ВИСНОВКИ

Предметом дослідження автори вибрали функціонально-просторовий аспект містобудівної системи, оскільки якість міського простору і розміщуваних в ній об'єктів є визначальними чинниками в еволюції містобудівної системи. Процес феноменологічного дослідження міста з часом досяг такої стадії, що з'явилася потреба систематизувати накопичені знання про нього в математичних моделях. Досить умовно моделі такого типа можна назвати поведінковими, розуміючи при цьому

Досить умовно моделі такого типа можна назвати поведінковими, розуміючи при цьому, що моделі описують природну поведінку системи. Проте за очевидністю такого підходу криється маса конкретних проблем, як чисто теоретичних, так і прикладних, процедур оптимізації, що виникають при організації. Більшість з них пов'язана з тим, що при оцінці якості містобудівного середовища доводиться враховувати як кількісні, так і якісні її характеристики.

З одного боку, існує набір критеріїв для кількісної оцінки, а з іншого боку безліч неформальних показників, склад і зміст яких в дуже сильній мірі залежать від імені приймаючого рішення. У цій ситуації процедура пошуку оптимального містобудівного рішення неминуче стає людино-машинною, в якій модель містобудівної системи грає роль генератора варіантів. Таким чином, сформувався впоєне логічно завершений метод системного дослідження проблем міського розвитку.

Розвиток методів моделювання, заснованих на системному підході і спираються на могутні сучасні засоби обчислювальної техніки і телекомунікацій, дозволяє забезпечити якісно нову інформаційну підтримку ухвалення рішень у області управління територіальним розвитком на регіональному і муніципальному рівні. Моделювання вийшло далеко за рамки простих розрахунків коефіцієнтів і параметрів рівнянь, що описують деякі властивості реальних систем. Інформаційні технології дозволяють створювати цілі віртуальні світи і досліджувати на них результати наших дій, результату реалізації прийнятих рішень, можливі сценарії розвитку. У віртуальному світі допустимі будь-які рішення і дії, що навіть приводять до катастроф і «загибелі» такого миру. У багатьох випадках тільки промодельовав відгуки системи і оцінивши на моделі можливі ризики, людина може одержати певну ступінь впевненості в правильності і доцільності схваленого рішення про втручання в реальне середовище.

Але віртуальний світ буде корисний тільки в тому випадку, якщо він дійсно відтворює властивості, що вивчаються, і закономірності миру реального. Не дивлячись на значне збільшення складності і зміну способів реалізації віртуальний світ є моделлю і повинен задовольняти базовим властивостям моделей, таким як адекватність, актуальність і т.д. Створити таку модель складних динамічних і неоднорідних систем, якими є соціально-економічні системи, можна тільки на основі узагальнення знань експертів в різних областях діяльності. Саме тому методи отримання, інтеграції і комплексної обробки знань мають в даний час важливе значення.

Технологія моделювання є одним з варіантів практичної реалізації методів формалізації і автоматизованої обробки знань. Використання термінології предметної області дозволяє експертам як найліпше представити моделі світу і зафіксувати їх у вигляді концептуальної моделі досліджуваної системи. Формалізація концептуальної моделі забезпечує істотну автоматизацію роботи з моделлю – від реалізації процедур аналізу повноти до формування програмно-апаратного середовища управління.

Логічним продовженням досліджень і практичних рішень в галузі впровадження інформаційних технологій буде розробка єдиного розподіленого багатofункціонального середовища інформаційної підтримки схвалення рішень в галузі управління розвитком територій на регіональному і муніципальному рівнях.

Таке середовище не тільки надасть особам, які приймають рішення, але і об'єднає їх віртуальні підприємства, міста, системи транспортних комунікацій в єдиний віртуальний регіон, забезпечить інтеграцію інтелектуальних і інформаційних ресурсів, що є в регіоні або муніципальному об'єднанні, а також обчислювальні потужності.

*Наукове видання*

# ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *І. М. Патракеєв*

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *І. М. Патракеєв*

Підп. до друку 06.02.2014

Формат 60x84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 12,6

Тираж 500 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.